



HYDRAULISEN VOIMAYKSIKKÖTUOTEPERHEEN TERÄSRAKENTEEN KEHITTÄMINEN

Opinnäytetyö

Tatu Silvast

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Kone- ja tuotesuunnittelu

Hyväksytty _____.____._____

SAVONIA-AMMATTIKORKEAKOULU TEKNIikka KUOPIO

Koulutusohjelma

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

Tekijä

Tatu Silvast

Työn nimi

Hydraulisen voimayksikkötuoteperheen teräsrakenteen kehittäminen

Työn laji

Opinnäytetyö

Päiväys

16.9.2010

Sivumäärä

51 + 23

Työn valvoja

Yliopettaja Esa Hietikko

Yrityksen yhdyshenkilö

Mekaniikkasuunnittelija Juhani Hytönen

Yritys

DigiBranch-hanke

Tiivistelmä

Tämän opinnäytetyön aiheena oli kehittää hydraulisen voimayksikön teräsrakenteen valmistettavuutta ottaen huomioon toimitusketjun eri osa-alueet. Työ toteutettiin case-tapauksena Junttan Oy:lle osana Savonia-ammattikorkeakoulun toteuttamaa DigiBranch-hanketta. Työssä testattiin myös opinnäytetyössä käytetyn tuotekehitysprosessimallin soveltuvuutta tuotekehitykseen.

Työ aloitettiin laajalla esiselvityksellä, jonka pohjalta määriteltiin tuotteelle uusi vaatimusten mukainen valmistus-, huolto- ja käyttäjäystävällinen layout, joka soveltuu tuoteperheen kaikkiin kokoluokkiin. Työn edetessä ratkaisusta päätettiin yhdessä toimitusketjun eri vaiheiden edustajien kanssa ottaen huomioon kaikkien mielipiteet. Näin toimitusketjun eri osa-alueilla oli mahdollisuus vaikuttaa tuotteen lopulliseen layoutiin. Lopputuloksena saatiin yksityiskohtainen layout, joka täyttää esiselvitysvaiheessa asetetut tavoitteet.

Tuotteen muotoiluun panostettiin sisällyttämällä työhön Kuopion muotoiluakatemian teollista muotoilua opiskelevien oppilaiden projektitöitä. Töiden perusteella tuotteelle määriteltiin uuden layoutiin soveltuva ulkonäkö.

Avainsanat

tuotekehitys, valmistettavuus

Luottamuksellisuus

julkinen

SAVONIA UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES Degree Programme Mechanical Engineering		
Author Tatu Silvast		
Title of Project Developing the Manufacturability of Hydraulic Power Pack		
Type of Project Final Project	Date September 16, 2010	Pages 51 + 23
Academic Supervisor Mr Esa Hietikko, D.Sc., Senior Lecturer	Company Supervisor Mr Juhani Hytönen, B.Sc., Mechanical Designer	
Company Savonia DigiBranch -project		
Abstract <p>The aim of this final project was to develop the manufacturability of a hydraulic power pack. The project included all the sectors of supply chain and focused on the steel parts of the product. The thesis is part of a larger project Savonia DigiBranch and the power pack case was manufactured for Junttan Oy. This project was also done to test and give the company an example of the new product development process in action.</p> <p>The process was started with a comprehensive study on what enabled all the members of the chain to attend in decision making and to effect the outcome of the project. The requirements were listed together with other members in the project. The new layout was created to confirm the requirements.</p> <p>As a result there is a new model which is simply to manufacture and use and it is also designed for both assembly and service. The new layout enables to design a product which meets requirements such as reducing production costs and lead time by fifty per cent. The project was partly carried out in co-operation with students of Kuopio Academy Of Industrial Design.</p>		
Keywords product development, manufacturability		
Confidentiality public		

ALKUSANAT

Tämä opinnäytetyö on tehty DigiBranch-hankkeeseen. Työn tavoitteena oli parantaa hydraulisen voimayksikön valmistettavuutta. Työn valvojana toimi tekniikan tohtori Esa Hietikko Savonia-ammattikorkeakoulusta.

Suuret kiitokset mekaniikkasuunnittelija Juhani Hytöselle työn erinomaisesta ohjauksesta, Junttan Oy:n T & K-johtajalle Markku Penttiselle ja DigiBranch-hankkeelle, joka mahdollisti työn toteutumisen. Kiitos myös kaikille muille, jotka ovat auttaneet työn valmistumisessa.

Kuopiossa 16.9.2010

Tatu Silvast

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	7
2 TYÖN TAUSTAT	9
2.1 Taustaorganisaatio.....	9
2.1.1 DigiBranch	9
2.1.2 Junttan Oy.....	10
2.1.3 Komat Oy	10
2.1.4 Siera Oy	11
2.1.5 Savonia-ammattikorkeakoulun muut liittynät	11
2.2 Voimayksikön käyttö paalutuksessa	12
2.3 Voimayksikkö 10CCU	12
3 TUOTEKEHITYS	14
3.1 Tuotekehityksen merkitys	14
3.2 Yleinen ratkaisuprosessi.....	14
3.2.1 Tehtävän selvittely.....	15
3.2.2 Luonnostelu	16
3.2.3 Kehittely	16
3.2.4 Viimeistely	17
4 VALMISTETTAVUUDEN KEHITTÄMINEN	18
4.1 Valmistusmyönteisyys	18
4.2 Asennusmyönteisyys.....	18
4.3 Tuotesarjat.....	19
4.4 Teollinen muotoilu	20
4.5 3D-suunnitteluperiaatteiden merkitys toimitusketjussa	21
4.6 Kustannusten hallinta	22
4.7 Kustannusmyönteisen suunnittelun neljä pääkeinoa.....	23
5 TOTEUTUS.....	24
5.1 Tehtävän selvittely	24
5.1.1 Tiedonkeräys	24

5.1.2 Vaatimuslista	24
5.1.3 Vaatimuslistan hyväksyminen	25
5.2 Layout-suunnittelu	25
5.2.1 Pääkomponentit ja suunnittelua ohjaavat tekijät	26
5.2.2 Layout-luonnokset	27
5.2.3 Layout-päätöksen tekeminen	34
5.2.4 Lopullinen layout	36
5.3 Detaljisuunnittelu	38
5.3.1 Runkoon valitut profiilit ja osien liittyminen runkoon	39
5.3.2 Materiaalien ainesvahvuudet	42
5.3.3 Esimerkki rungon liitosten ja yläpalkin valmistettavuudesta	42
6 TOIMINTA YHTEISTYÖYRITYSTEN KANSSA	45
6.1 Stera Oy	45
6.2 Komas Oy	45
6.3 Muotoiluakatemia	46
6.4 Kone- ja tuotantotekniikka	46
7 TULOKSET JA YHTEENVETO	47
LÄHTEET	49
LIITTEET	50
Liite 1 Junttan hammer concept	
Liite 2 Vaatimuslista	
Liite 3 Luonnosteluvaiheen layoutit	
Liite 4 Luonnosten arviointitaulukko	
Liite 5 Luonnosten jatkokehittelyt	
Liite 6 Rungon moduloinnin rajapinnat	
Liite 7 Lopullinen layout	
Liite 8 Noste	

1 JOHDANTO

Savonia-ammattikorkeakoulun toteuttama DigiBranch-hanke tutkii ja kehittää yhtenä osa-alueenaan valmistettavuutta ja tuottavuutta toimitusverkostoissa. DigiBranch-hankkeen toimintaympäristö keskittyy Kuopion Kylmämäen teollisuusalueelle, jonka päähankkijana toimii paalutuskonevalmistaja Junttan Oy. DigiBranch-hanke tutkii mm. teettämällä opinnäytetöitä. Tämä opinnäytetyö käsittelee valmistettavuuden kehittämistä case-tapauksena, joksi valikoitui Junttan-voimayksikkötuoteperheeseen kuuluva 10CCU-malli (kuva 1). Opinnäytetyö on ensimmäinen näin pitkälle käytäntöön viety yhteistyön osoitus Savonia-ammattikorkeakoulun ja toimitusketjun välillä. Tuoteperheen 10CCU-mallia tuotetaan vuodessa noin 20 kpl, ja sen ohjelmointihinta on noin 100 000 euroa.



Kuva 1. Junttan 10CCU hydraulinen voimayksikkö

Malli valittiin työhön, koska sen teräsrakenne vaatii eniten kehittämistä voimayksikkötuoteperheessä, siitä saatava kate on liian pieni ja malli ei menesty markkinoilla riittävän hyvin. Myös mallin dokumentaatio on tuoteperheen heikoin. Näin se soveltuu hyvin DigiBranch-hankkeen suorittaman tutkimus- ja kehitystyön esimerkkitapaukseksi, josta koko toimitusketju hyötyy.

Junttan Oy on aikaisemminkin aloittanut voimayksiköiden tuotekehityksen, mutta se on jäänyt maailmalla vallinneen taloudellisen taantuman vuoksi kesken. Tällä hetkellä valmistettaviin malleihin on otettu käyttöön joitakin uudistuksia keskeytyneen tuotekehityksen tuotoksista. Uudistukset ovat jääneet kuitenkin voimaan ainoastaan isommissa malleissa. Kehitettävästä tuotteesta ja sen käyttötarkoituksesta on kerrottu luvuissa 2.2 Voimayksikön käyttö paalutuksessa ja 2.3 Voimayksikkö 10CCU.

Työn tavoitteena on voimayksikön teräsrakenteen valmistettavuuden kehittäminen ja sen myötä valmistuskustannusten alentaminen. Samalla tulee kiinnittää huomiota myös huollettavuuden ja käytettävyyden parantamiseen. Tavoitteina ovat myös toimitusajan lyhentäminen ja osien toimitusajan ja yksikön kokoonpanoajan sekä siihen käytettyjen resurssien puolittaminen. Tarkemmin konkreettiset tavoitteet selviävät työn esiselvitysvaiheessa, jossa työn lähtökohta ja uudelle tuotteelle asetettavat vaatimukset selvitetään.

Työn tarkoitus on tuoda yritykseen myös uudenlaista toteutus- ja ajattelumallia tämänkaltaisten projektien läpiviemiseksi. Projektissa tullaan ottamaan huomioon asiakkaan tilauksen ja tuotteen toimituksen välissä olevien kaikkien vaiheiden edustajien mielipiteet, unohtamatta kunnossapitoa, jolla on läheisimmät suhteet tuotteen käyttäjiin, erilaisiin käyttötilanteisiin ja -olosuhteisiin sekä niiden tuomiin haasteisiin. Kun tuotekehitysvaiheessa otetaan koko toimitusketjun tekijät huomioon, saadaan arvokasta tietoa kehityksen oikeasta suunnasta ja tavoitteista ja ennen kaikkea saadaan koko toimitusketju sitoutumaan yhdessä asetettuihin tavoitteisiin.

Työ pohjautuu pääosin tunnettujen valmistettavuusasiantuntijoiden Pahlin ja Beitzin oppeihin. Projektin aloitetaan esiselvityksellä, jossa tutkitaan kehitettävän tuotteen heikkoudet, verrataan tuotetta kilpailijoiden tuotteisiin ja kerätään kokemuksia vanhasta mallista toimitusketjun kaikista vaiheista. Tämän pohjalta laaditaan lista kaikista niistä vaatimuksista, jotka uuden tuotteen tulee täyttää. Uudelle tuotteelle laaditaan layout, jonka kaikki toimitusketjun osapuolet hyväksyvät. Tarkastelut tehdään koko tuoteperheen kannalta.

2 TYÖN TAUSTAT

2.1 Taustaorganisaatio

2.1.1 DigiBranch

Suomalaisten konepajojen vahvuus ja kilpailukyvyyn perusta on joustava, nopea ja kustannustehokas pienerätuotanto. Osassa konepajoista tämä kilpailukykyinen tuotantotapa on opittu ja sitä kehitetään jatkuvasti suorituskykyisemmäksi, mutta suurella joukolla pk-yrityksistä ei ole riittäviä resursseja käytettävissään tuotannonkehitystyöhön. Kilpailukykyiseen tuotantoon liittyy koko tuotantoketjun saumaton toiminta niukoin resurssein. Ammattikorkeakoulujen T & K-toiminnan merkitys teknologian kehityksessä ja siirrossa tulee olemaan huomattava, mikä edellyttää nopeaa yhteistyö- ja toimintamallien kehittämistä ja ammattikorkeakoulujen roolin vakiinnuttamista osaksi toimitusketjuja. /1/

Kuluvan EU-ohjelmakauden rahoitusta ohjataan Pohjois-Savossa teemaohjelmilla. Yksi teemaohjelmista on nimeltään Teknologiateollisuuden uudet suunnittelu- ja tuotantomenetelmät. Sen mukaan Pohjois-Savon teknologiateollisuudessa keskitytään kuluvalle ohjelmakaudella neljään painopisteeseen: verkostomaiseen toimintaan, teknologisen kyvykkyyden parantamiseen, osaamisen kehittämiseen ja työvoiman saatavuuden turvaamiseen sekä elinkaariliiketoiminnan kehittämiseen. /1/

Savonia-ammattikorkeakoulu on ollut mukana kehittämässä Tekno-teeman painopisteitä ja toteutusmallia. Kehittämiseen liittyen Savonia-ammattikorkeakoulu on aloittanut yhteistyössä Savon ammatti- ja aikuisopiston kanssa hankkeen, jossa pilotoidaan Tekno-teeman painopisteiden mukaista kehittämistyötä Kuopiossa sijaitsevalla Kylmämäen teollisuusalueella. Savonia-ammattikorkeakoulu vastaa hankkeen digitaalisen tuotannon soveltavaan tutkimukseen liittyvästä osiosta. Tätä osiota kutsutaan nimellä Digitaalisen tuotannon tutkimusyksikkö – DigiBranch. /1/

DigiBranch-tutkimusyksikkö kehittää digitaalista tuotantoa sekä toimii sen monipuoliseen kehittämiseen liittyvän soveltavan tutkimuksen ja koulutuksen toteuttajana. Sijaintinsa ansiosta yksikkö voi hyödyntää toiminnassaan ympäröivästä yritysmaailmasta kumpuavat tutkimusaiheet ja innovaatiotarpeet. Tutkimustyötä toteuttavat tutkimusinsinöörit, opettajat sekä opinnäytetöiden tekijät. Myös yritysten henkilökunta osallistuu tutkimustyöhön. /1/

Yksikkö soveltaa tutkimuksiaan painopisteisiin, jotka samalla muodostavat hankkeen tutkimusprojektit. Yksi sovellettava ala on valmistettavuuden ja tuottavuuden kehittäminen toimitusverkostossa, johon tämä opinnäytetyö keskittyy. /1/

Opetustoiminnassa yksikkö toteuttaa insinöörikoulutukseen liittyviä tuotannon ja valmistettavuuden opintojaksoja sekä projektiopintoja. Lisäksi sitä voidaan hyödyntää verkostokumppaneiden, asiakkaiden, jälleenmyyjien, huolto-organisaatioiden yms. tahojen täydennyskoulutuksessa. Koulutuksessa hyödynnetään monimuotoisia nykyaikaisia oppimismenetelmiä. /1/

Tutkimusyksikkö tarjoaa innovaatioympäristön, jossa uusiin tuotteisiin ja tuotantoon liittyvien ideoiden toteutusmahdollisuuksia tutkitaan lähellä toteutusta ilman tuotannon häiriintymistä. Yksikkö hyödyntää yliopistoihin ja ulkomaisiin yhteistyökumppaneihin ulottuvia verkostojaan tarjoten siten kokonaisvaltaisempaa tutkimuspalvelua myös ydinosaamisaluensa ulkopuolelle ulottuvilla alueilla. /1/

2.1.2 Junttan Oy

Junttan Oy on Kylmämäen teollisuuskeskittymän päähankkija. Junttan Oy on erikoistunut hydraulisten paalutuskoneiden ja laitteiden suunnitteluun, valmistukseen, markkinointiin ja huoltoon. Yritys on lyöntipaalutusteknologian edelläkävijä ja markkinajohtaja maailmalla. Junttan Oy valmistaa myös porapaalukoneita, syvästabilointikoneita, hydraulisia järkäleitä, kairoja ja voimayksiköitä kaikkiaan 45 maahan. Yritys on osa Sinituote-konsernia. Junttan Oy investoi uudet tuotantotilat Kuopion Kylmämäkeen vuonna 2008. Uusien tuotantotilojen toimituskapasiteetti on n. 300 paalutusjärjestelmää vuodessa. Junttan Oy tarjosi opinnäytetyön kohteen ja työtilat. /2/ /3/

2.1.3 Komasa Oy

Kylmämäen teollisuuskeskittymän alueella päähankkijan järjestelmätoimittajana toimiva Komasa Oy on sitoutunut myös yhteistyöhön voimayksikön valmistettavuuden parantamisessa. Yhtiöllä on toimipisteitä ympäri Suomen ja niiden lisäksi merkittävä tehdas Puolasassa. Komasa on nykyisten voimayksiköiden teräsrakenteiden toimittaja. Komasa Oy osti Junttan Oy:n osavalmistus- ja hitsaustoiminnan vuonna 2007, jolloin kyseisen työn tekijät ovat siirtyneet Junttan Oy:ltä Komasa Oy:lle vanhoina työntekijöinä. /4/

2.1.4 Stera Oy

Stera Oy on pääasiassa kotimaisilla markkinoilla toimiva järjestelmätoimittaja, jolla on tuotantolaitoksia useiden kotimaan laitosten lisäksi Kaukoidässä. Pohjois-Savossa Kaavilla sijaitsevan yksikön erikoisalaa ovat erityyppiset polttoaine- ja hydraulikkaöljysäiliöjärjestelmät, joita yritys toimittaa isoille metsäkone-, trukki- ja erikoisajoneuvovalmistajille. /5/

Tähän asti Junttan Oy on käyttänyt vain runkosäiliöitä, joten yrityksessä ei ole kokemusta irtosäiliöiden valmistuksesta. Junttan Oy:llä ei ole ollut ennestään yhteistyötä Stera Oy:n kanssa. Opinnäytetyö avasi yhteistyön Junttan Oy:n ja Stera Oy:n välille. Stera Oy on ollut tiiviisti mukana voimayksikön valmistettavuuden kehittämisessä.

2.1.5 Savonia-ammattikorkeakoulun muut liittynät

Muotoiluakatemia

Kuopion muotoiluakatemia on osa Savonia-ammattikorkeakoulua. Yksikkö vastaa viestinnän ja muotoilun koulutuksesta. Koululla on pitkät perinteet, ja siitä on muodostunut korkeatasoinen ja merkittävä kansallinen muotoilun ja viestinnän oppilaitos. Kuopion Muotoiluakatemiaan mukaan tutkimus- ja kehitystoiminnan tarkoitus on ihmisten, tuotteiden ja käyttöympäristön välisen suhteen tutkiminen ja sen soveltaminen tuotekehitykseen. /6/

Savonia-ammattikorkeakoulun muotoiluakatemiaan teollisen muotoilun opiskelijoiden projektityöt toteutettiin voimayksikön muotoilusta. Projektin tavoitteena oli luoda voimayksikön ensivaikutelmasta houkutteleva ja kilpailijoiden malleista edukseen erottuva. Työ oli haastava, sillä paineet olivat valmistuskustannusten minimoimisesta kovat ja projektin kohde oli suoraviivainen laatikko. Käyttäjäkunta on enimmäkseen miehiä, jotka arvostavat käytännöllisyyttä, yksinkertaisuutta ja kestävyyttä. Opiskelijoiden projektityö kulkee osana tuotekehitysprosessia ja muuttuu yksityiskohtaisemmaksi tuotteen valmistukseen saakka.

Kone- ja tuotantotekniikka

Konstruktitekniikka ja tuotekehitys -opintojakson opiskelijoille erotettiin harjoitustyöt opinnäytetyöstä. Opiskelijat tekivät harjoitustyöt ryhmitöinä. Töiden tavoitteena oli saada kokemusta teollisuuden todellisesta tuotteesta valmistettavuuden kehittämisen näkökulmasta. Töitä on tarkoitus hyödyntää tässä opinnäytetyössä.

2.2 Voimayksikön käyttö paalutuksessa

Paalutus on menetelmä, jolla pyritään vahvistamaan maaperää. Junttan Oy:n päätuote on hydraulinen järkäle. Järkäleellä lyödään maahan paaluja, jotka vahvistavat maaperän. Paalu voi olla teräsbetonia, terästä tai puuta.

Hydraulinen järkäle tarvitsee toimiakseen hydraulista voimaa. Voimayksikön tehtävä on tuottaa voima siten, että se mahdollistaa järkäleen optimaalisen toiminnan. Kun järkälettä käytetään ilman paalutuskonetta, voimayksikköä käytetään järkäleen voimanlähteenä. Irtojärkäle nostetaan paalun päälle erillisellä nosturilla. Junttan Oy valmistaa paalutuskoneita kolmentonnin järkäleistä yhdeksäntonnin järkäleisiin saakka; näitä suuremmat järkäleet toimitetaan voimayksikkökäyttöisinä 28 tonnin järkäleisiin saakka tämänhetkisen malliston mukaan. Järkäleiden massalla tarkoitetaan lyövän osan massaa.

Voimayksikkö sijaitsee paalutuskentällä maassa lähellä järkälettä tai järkälettä käsittelevän nosturin vastapainona. Voimayksikköä voidaan käyttää voimanlähteenä muissakin hydraulisissa laitteissa. Voimayksikön liittyminen paalutusjärjestelmään on esitetty liitteessä 1. /7/ /8/

Junttan-voimayksikkötuoteperhe koostuu yhteensä viidestä erikokoisesta voimayksiköstä: 5CCU, 10CCU, 15CCU, 20CCU, 30CCU. Näistä 15CCU ja 20CCU valmistetaan lähes samoista teräsosista. 5CCU-malli on jäämässä pois tuoteperheestä tarpeettoman pienenä voimayksikkönä. 30CCU malli ei sisälly tuotekehitysprojektiin, koska sen kohtalo mallistossa on avoin. Uuteen voimayksikkötuoteperheeseen kuuluu kolme mallia ja niistä kaksi ovat teräsrakenteeltaan lähes samoja.

2.3 Voimayksikkö 10CCU

10CCU voimayksikkö on kehitetty 1990-luvun alkupuolella. Tarkkaa aikaa ei ole tiedossa, koska tuotteen dokumentaatio on ollut heikko ja tuotteen alkuperäisiä suunnittelijoita ei ole enää yrityksen palveluksessa. Huonosta dokumentaatiosta huolimatta tuotetta on voitu valmistaa, sillä ennen yrityksellä on ollut omaa tuotantoa ja yrityksen omilla työntekijöillä on ollut taito valmistaa voimayksikköä. Vanha malli on kehitetty pääosin suoraan valmistamalla, jolloin piirustuksia ei ole laadittu. Myöhemmin konepaja tuotanto on myyty ja kaupan myötä tietotaito on siirtynyt uuteen yritykseen. Tuotteen päähankkija on jäänyt voimayksiköissä yhden teräsrakennetoimittajan varaan. Pelkästään valmistusdokumentaation puute on nostanut tuotteen teräsrakenteen valmistuskustannuksia ja sitä kautta tuotteen myyntihintaa.

Mallin suunnittelun aikaan ei ole ollut vielä suosiossa kaikki nykyisin hyvin toimivat valmistusmenetelmät, kuten särmäys. Tämän vuoksi teräsrakenteessa on paljon hitsattuja rakenteita. Vanhojen valmistusmenetelmien käyttö on ohjannut moniin epäedullisiin ratkaisuihin.

Kehitettävän tuotteen rakenteellisia heikkouksia ovat pitkät ja ohuet runkosäiliöt, jotka ovat vaikeita valmistaa, tarkistaa ja pinnoittaa. Säiliöt muodostavat suurimman osan kehitettävän voimayksikön rungosta. Pitkien, ohuenmallisten ja kyljellään olevien säiliöiden heikkoutena on myös toimivuus. Ilman erottuminen säiliöitävästä aineesta on heikko ja säiliöt vaativat tasaisen alustan. Hieman vinossa oleva pitkä ja ohut polttoainesäiliö päästää helposti ilmaa polttoainejärjestelmään. Kun säiliönpinta laskee, jäljellä oleva polttoaine jää toiseen päähän säiliötä. Runkosäiliöihin on myös vaikeaa saavuttaa tarvittavaa tilavuutta.

Toisena heikkoutena on voimayksiköstä ulkonevat muodot, kuten ilmasäleikköinä toimivat ääniloukut ja kattorakenne (kuva 2). Ääniloukut ovat kalliita ja raskaita rakennelmia ja ne rikkoutuvat helposti voimayksikköä liikuteltaessa. Yksikössä ei ole minkäänlaisia nostokohtia trukilla nostoa varten. Talvella tasainen pohja on erittäin liukas. Ääniloukut alkavat vanhetessaan raskaan rakenteensa vuoksi roikkua saranoista ja ne eivät sovi enää paikoilleen. Kattorakenne nostaa voimayksikön korkeutta, mutta ei anna kaikkea tilavuutta käyttöön vaatimastaan korkeudesta.



Kuva 2. Kehitettävä voimayksikkö 10CCU, kattorakenne ja ääniloukku

Ilmankierto vanhassa mallissa on järjestetty molemmista päistä sisään puhaltavaksi ja ilma poistuu katon kautta. Tämä on hyvä järjestelmä melun kannalta, sillä ilmavirta vie ison osan äänimelusta kohti taivasta. Ilmankiortoratkaisu ei hyödynnä kaikkea jäähdytyskapasiteettia, sillä ilmanpoisto rajoittaa ilmankiertoa. Avattavat luukut katossa ovat lisäksi epäkäytännölliset. Avattava kattoratkaisu on monimutkainen ja helposti särkyvä. Talvella kattoluukkuja on vaikea avata, jos katolle kertyy lunta. Kun luukut ovat auki, voimayksikön sisälle sataa vettä ja lunta.

3 TUOTEKEHITYS

3.1 Tuotekehityksen merkitys

Uusien ja kilpailukykyisten tuotteiden kehittäminen on monelle yritykselle menestyksen keskeinen edellytys. Uusien tuotteiden kehittäminen ei vaadi uusien keksintöjen soveltamista tai syntymistä. Vielä vähemmän se edellyttää vanhojen tuotteiden ja tuotetietojen romuttamista. Tuotekehityksessä on kyse tunnettujen ratkaisujen, materiaalien ja muotoilun soveltamista uudella, luovalla tavalla. Tuotekehityksen tavoitteena on kehittää uusi tuote tai parantaa vanhaa markkinoilla olevaa tuotetta. /9, s. 86./

Konkreettisimmillaan tuote on mekaaninen laite. Tuotteen sisällä on kuitenkin paljon komponentteja, jotka nekin ovat tuotteita, joilla on omat toimittajansa. Tuotekehitys on monitahoinen prosessi, jossa markkinoiden toiveet ja vaatimukset pyritään realisoimaan tuotteeksi optimaalisella tavalla. Markkinoilla olevat toiveet muuttuvat tekniikan kehittyessä ja yritysten on vastattava näihin toiveisiin pärjätäkseen markkinoilla, minkä vuoksi vaaditaan tuotekehitystä. /9, s. 86./

3.2 Yleinen ratkaisuprosessi

Yleinen ongelmanratkaisuprosessi on normaalia tapaa ajatella ja toimia ongelmatilanteissa. Ongelmatilanteiden ratkaisuun liittyy olotilan muutos ja tuloksen tarkistaminen. Muutoksen hakemiselle täytyy olla jokin syy. Tarkistamiseen eli arvosteluun liittyy analysointia ennen ratkaisun syntymistä. Analysoinnin tueksi tarvitaan tietoa, jonka pohjalta luodaan erilaisia ratkaisuvaihtoehtoja ongelmaan. Ratkaisun tulos voi olla paluu lähtöruutuun, jolloin ongelmanratkaisua toistetaan paremmilla tiedoilla. Opittu tieto myös siitä, miten ei kannata tehdä, on hyvää lisätietoa. Prosessi jatkuu niin pitkään kunnes tarkistuksen läpäissyt ratkaisu löytyy. /11, s. 125–130./

Yleistä ongelmanratkaisuprosessia sovelletaan kulloiseenkin tilanteeseen sopivaksi. Tuotekehitys on yleistä ongelmanratkaisua, jossa tuotekehitystä voidaan tarkastella yhtenä ongelmana, joka sisältää osaongelmia. Tuotekehitykseen on kehittynyt eräitä prosessimalleja, jotka eroavat prosessin tavoissa käsitellä ja ratkoa ongelmia. Kaikkia ratkaisumalleja tulee soveltaa joustavasti kulloiseenkin tilanteeseen sopivaksi, ei liian tarkasti ja yksityiskohtaisesti. /11, s. 125–130./

Yksi tuotekehityksen tunnetuimpia prosessimalleja on Ulrich-Eppinger – malli, joka on päävaiheiltaan peräkkäismalli. Peräkkäismallissa vaiheet seuraavat toisiaan ja seuraavaan vaiheeseen siirrytään, kun edellinen vaihe on saatu päätökseen. Päävaiheiden sisällä kuitenkin sovelletaan spiraalimallia. Spiraalimallissa vaiheita kierretään ja tarkennetaan rinnakkain niin kauan, kunnes sopiva ratkaisu löytyy. Esimerkiksi luonnosteluvaiheessa luonnoksia voidaan kehittää rinnakkain. /10, s. 39–43./

Toinen yleinen malli on Pahlin ja Beitzin prosessimalli, jossa edetään vaiheittain tasoilta tasoille peräkkäismallin mukaisesti. Myös vaiheiden sisällä edetään kuvatus yleisen ongelmanratkaisuprosessin mukaisesti. Esimerkiksi luonnosteluvaiheessa luonnoksia kehitetään yksi kerrallaan.

Tässä työssä sovelletaan Pahlin ja Beitzin mallia. Seuraavassa käydään läpi mallin päävaiheet, jotka ovat tehtävän selvittely, luonnostelu, kehittäminen ja viimeistely. /11, s. 125–130./

3.2.1 Tehtävän selvittely

Kehitystyö alkaa aina ongelman kohtaamisella. Jokaisella tuotteella on ajan mukaan muuttuvat reunaehdot. Tehtävän asettelu tulee tuotekehitysosastolle joko tuoteohjelman suunnittelun yhteydessä, tilauksen yhteydessä tai virikkeen muodossa. Virike voi olla esimerkiksi myynti-, testaus-, huolto- tai asennusosaston sisältä tuleva kritiikki. Tehtävän selvittelyvaiheessa on ehdottoman tärkeää optimaalisen lopputuloksen kannalta luoda suora yhteys selvityksen tekijän ja herätteen antajan välille, että tieto ei muutu matkalla. /11, s. 145–158./

Tehtävän asettelun selvitys tarkoittaa tiedonhankintaa kaikista niistä vaatimuksista, jotka kehitettävän tuotteen tulee sisältää. Hyvän lopputuloksen kannalta suunnittelijan pitää ymmärtää täydellisesti tuotteen vaatimukset. Tehtävänasettelu on alusta asti selvitettävä mahdollisimman tarkasti, jotta työn myöhemmissä vaiheissa välttyttäisiin väärinkäsityksiltä ja korjauksilta. Tehtävän selvittelystä on hyvä laatia dokumentti myöhemmin tehtävien ratkaisujen perustaksi. /11, s. 145–158./

Valmiit ratkaisuehdotukset ja konkreettiset lausumat voivat usein haitata parempaan tulokseen pääsemistä. Vain vaaditut lähtö- ja tulosuureet voidaan lyödä lukkoon tässä vaiheessa. Selvitys sisältää myös kaikki yleiset ja pysyvät reunaehdot sekä niiden merkitykset. Dokumentiksi laaditaan vaatimuslista. Tätä asiakirjaa päivitetään tilanteen mukaan, ja se toimii pohjana seuraaville työvaiheille. /11, s. 145–158./

3.2.2 Luonnostelu

Luonnosteluvaiheessa määritellään tuotteen ratkaisuperiaate. Tämän saavuttamiseksi on hyvä abstrahoida oleelliset ongelmat, laatia toimintorakenteet sekä hakea sopivat vaikutusperiaatteet. Yhdistelemällä nämä vaikutusrakenteeksi voidaan alkaa muodostaa luonnoksia. Luonnostelu on jo siis ratkaisuperiaatteen vahvistamista. /11, s. 131–132, 159–225./

Monesti vaikutusrakennetta voidaan arvioida vasta, kun se saa konkreettisemmat muodot. Konkretisointi edellyttää useimmiten jo alustavaa mallia luonnoksesta, josta voidaan ottaa huomioon teknisiä mahdollisuuksia. Useammat periaatteelliset ratkaisumuunnelmat voivat olla hyvin mahdollisia. /11, s. 131–132, 159–225./

Luonnosteluvaihe jaetaan useaan eri vaiheeseen, jotta varmistettaisiin, että paras mahdollinen ratkaisuvaihtoehto otetaan kehittelyyn. Seuraavissa vaiheissa; kehittelyssä ja viimeistelyssä ei voida poistaa valitun ratkaisuperiaatteen mukaisia, perustavaa laatua olevia heikkouksia. Kestävä ja menestyksellinen konstruktiiivinen ratkaisu syntyy valitsemalla tarkoituksenmukaisin ratkaisu, ei konstruktiiivisia hienouksia korostamalla. /11, s. 131–132, 159–225./

Luonnosmuunnelmat pitää arvostella ja periaatteelliset ratkaisut voidaan esitellä monella eri tavalla. Olennaista on, että ne ovat tarpeeksi yksinkertaisia ja ymmärrettäviä pääperiaatteen analysointiin. Tarkoituksenmukaisiksikin osoittautuvien periaatteiden vaikeudet aiheutuvat liian pitkälle menevistä yksityiskohdista. Muunnelmat, jotka eivät täytä vaatimustilaston vaatimuksia tai osoittautuvat teknisesti ristiriitaisiksi, hylätään ja muut luonnokset arvostellaan sovittujen kriteereiden mukaisesti. Arvostelun perusteella valitaan mitä ratkaisuluonnosta aletaan kehittää. Usein arvostelu tuottaa hyvinkin samanarvoisia tuloksia, jolloin lopullinen ratkaisu saadaan vasta pidemmälle viedyn konkretisoinnin jälkeen. /11, s. 131–132, 159–225./

3.2.3 Kehittely

Kehittelyvaiheessa kehittyneestä vaikutusrakenteesta tai periaatteellisesta ratkaisusta suunnitellaan teknisen tuotteen kokoonpanorakenne teknisten ja taloudellisten näkökulmien mukaan. Kehittely on rakennemuodon vahvistamista. Yleensä joudutaan tekemään useampia rakennemuunnelmia, jotta päästään tarkastelemaan tarkemmin muunnelmien etuja ja haittoja ylemmillä informaatiotasolla. /11, s. 132./

Rakennemuunnelmien käsittelyn jälkeen luonnos päättyy tekniseen ja taloudelliseen arvos-
teluun. Tässä vaiheessa on normaalia, että joku muunnelma osoittautuu parhaaksi, mutta
sitä voidaan silti kehittää poimimalla muiden ehdotusten hyviä osaratkaisuja valitun ehdo-
tuksen heikkouksien tilalle. Tästä saadaan lopullinen rakennemuotoilun kokonaiskehitel-
mä, jolla voidaan myös osoittaa, että kustannuksiin kohdistuvat vaatimukset voidaan täyt-
tää muodostuneella ratkaisulla. /11, s. 132./

3.2.4 Viimeistely

Viimeistelyvaiheessa kokoonpanorakennetta täydennetään lopullisilla muodoilla ja mitoilla
jokaista yksityiskohtaa, jokaista mittaa ja määriteltävää toleranssia myöten. Viimeistely-
vaiheessa määritellään materiaalit vahvuuksineen ja tarkkaillaan lopullisia valmistuskus-
tannuksia. Viimeistely vaiheeseen kuuluu sitovien piirustusten ja muiden asiakirjojen laa-
timinen suunnitelman toteuttamista varten. Viimeistelyn tulos on ratkaisun valmistustekni-
nen määrittäminen. /11, s. 132–134./

On oltava huolellinen, että tässä vaiheessa ratkaisusta syntyneet mielikuvat eivät heikkene
tai vääristy. Tästä on johtavan suunnitteluinsinöörin kannettava vastuu. Ei saa ajatella yksi-
tyiskohtien määrittelyn olevan toisarvoista työtä. Vaikeudet piilevät usein yksityiskohdissa.
/11, s. 132–134./

Viimeistelyvaiheessa on luonnollista virheiden uudelleen läpikäyminen rakenneryhmien
yksityiskohtien vuoksi. Viimeistelyvaiheeseen on varattava aikaa lukemattomalle määrälle
ongelmia. Aika jää helposti varaamatta tai aikataulua kutistetaan, koska tuote alkaa saada
lopullisia muotoja ja alkaa näyttää valmiilta, eteenkin sellaisten silmissä, jotka eivät itse
suunnittele mutta päättävät aikataulusta. Tuotteessa on vielä tuolloin paljon pieniä yksi-
tyiskohtia, jotka ovat vielä suunnittelematta. Mitä pienempiin yksityiskohtiin mennään, sitä
enemmän ongelmat vaativat suunnittelijalta aikaa, jolloin syntyy ristiriita ajankäytön ja
jäljellä olevan työmäärän suhteen. Keskeneräiset yksityiskohdat antavat keskeneräisen
mielikuvan koko tuotteesta. /11, s. 132–134./

Suunnitteluprosessin päävaiheita ei aina voi rajata näin tarkasti. On olemassa myös yli-
menovaiheita. Toisaalta edellä käsiteltyjä vaiheita voi joutua pilkkomaan ja jotakin luon-
noksen osaa voi suunnitella jo kehityksen alkuvaiheessa hyvin yksityiskohtaiseksi. Joskus
voi joutua tekemään prototyyppejä jo luonnosteluvaiheessa korkeamman informaatiotason
saavuttamiseksi. Ilman ristiriitaa yleisen ratkaisumallin kanssa, tällaiset poikkeamat pro-
sessissa voivat olla täysin mahdollisia eri asioista riippuen. /11, s. 132–134./

4 VALMISTETTAVUUDEN KEHITTÄMINEN

4.1 Valmistusmyönteisyys

Valmistuksen huomioonottava suunnittelu pyrkii minimoimaan valmistuskustannuksia ja -aikoja vaatimustenmukaista laatua unohtamatta. Luonnosteluvaiheen ratkaisujen merkitys on huomattava juuri näiden osa-alueiden kannalta. /11/

Valmistettavuudella ymmärretään seuraavat asiat:

- kappaleiden valmistettavuus eri työmenetelmillä
- logistiset seikat
- kokoonpantavuus
- laadunvarmistus
- materiaalitalous
- työnsuunnittelu.

Edellä luetellut valmistettavuustekijät muodostavat perustan valmistusmyönteiselle suunnittelulle. Valmistusmyönteisyyden merkitys kasvaa tekniikoiden automatisoituessa. Myös valmistusmyönteisellä tuoterakenteella ja kappaleiden rakennemuotoilulla sekä aineiden ja oikeiden puolivalmisteiden valinnalla on oma merkityksensä valmistusmyönteiseen suunnitteluun. Valmistusmyönteisessä suunnittelussa tärkeintä on suunnittelijan yksinkertainen ja yksikäsitteinen ajattelutapa. /11/

Valmistusmyönteistä suunnittelua helpottaa, jos suunnittelijan tukena olisi mahdollisimman varhaisessa vaiheessa yhteistyö standarditoimiston, tuotannonohjauksen, myynnin, hankinnan, laatuosaston sekä järjestelmä- ja osatoimittajien kanssa. Tätä tulisi suosia myös yksittäis- ja piensarjakoneenrakennuksessa ja erityisesti sovellussuunnittelussa, jossa usein suunnittelija joutuu aikataulusyistä tekemään isotkin valmistukseen vaikuttavat ratkaisut yksin. /12/

4.2 Asennusmyönteisyys

Suunnittelija vaikuttaa osien valmistuksen lisäksi myös asennuksen kustannuksiin, laatuun ja läpimenoaikaan. Asennus sisältää työkappaleiden valmistuksen aikana ja rakennuspaikalla tapahtuvan kokoonpanon kaikkine aputöineen. Asennuksen kustannukset ja laatu

riippuvat eri asennusvaiheista, asennusvaiheiden lukumäärästä ja asennussuorituksesta. Asennustapa ja asennusten lukumäärä riippuvat tuoterakenteesta, osien valmistusmyönteisyydestä ja osien muotoilusta. /11, s. 375./

Asennusmyönteinen rakennemuotoilu on tarkoituksenmukaista aloittaa jo luonnosteluvaiheessa luonnosten kokoonpanorakennetta silmäilemällä. Myös vaatimuslistaan on hyvä asettaa vaatimukset asennusmyönteisistä tavoitteista. Asennusmyönteinen kokoonpanorakenne saadaan jäsentämällä, vähentämällä, yhtenäistämällä ja yksinkertaistamalla asennustoimia. Näillä keinoilla saadaan laskettua kustannuksia, koska asennuksen kulku ja laatu paranevat. Keinot vähentävät myös detaljisuunnittelun määrää, koska suunniteltavat osat ovat yksinkertaisempia ja niitä on vähemmän. /11, s. 375./

Liitoskohtien vähentäminen, yhtenäistäminen ja yksinkertaistaminen laskevat asennuskustannuksia. Nämä keinot myös parantavat liitosten laatua. On kuitenkin tehtävä kompromisseja osien muotoilussa, jotta osien valmistusmyönteisyys ei kärsi liikaa. Kappaleiden käsiteltävyyttä ei pidä liitoskohtien vähentämisen yhteydessä unohtaa (yksinkertaisuus), muuten kappaleista voi tulla vaikeasti käsiteltäviä. Isoilla osilla täytyy olla tarvittava määrä nostopisteitä oikeissa paikoissa, koska kappaleita on kyettävä käsittelemään helposti aina osan valmistuksesta osan asennukseen saakka, kuljetukset ja varastoinnit mukaan lukien. Osien asennusmyönteisyys korostuu myös huoltotilanteissa, kun osia on kuljetettava työmaalle ja asennettava usein hyvin vaikeissa olosuhteissa ja kiireessä. /11, s. 375./

Saatujen kokemusten pohjalta tuotestandardisoinnin ehkä vaativin muoto on tuotteen muodostuminen moduuleista. Se on kokoonpanon tehostamisen kannalta tärkein asia. Se auttaa jakamaan suuren tuotteen kokoonpantavaksi useissa eri paikoissa, joille on suunniteltu omat tehokkaat työpaikat. Loppukokoonpano saadaan aikaan nopeasti pienemmistä osakokoonpanoista. Moduuleista on etua myös osahankintaa tehostettaessa.

Kokoonpanon tehokkuutta ja laatua voidaan parantaa siirtymällä automatisoituun kokoonpanoon. Siirtyminen on mahdollista, kun tuote on suunniteltu automatisoitua kokoonpanoa silmällä pitäen, mihin on olemassa omat säännöksensä. /12, s. 477–490/

4.3 Tuotesarjat

Tuotesarjat ymmärretään teknisinä rakennelminä, jotka ovat eri kohteissa käyttökelpoisia. Tuotesarjoille on ominaista sama toiminto, sama ratkaisu ja valmistus aina samalla tavalla. Kun kokoporrastuksen lisäksi on toteutettava muitakin liittämistoimintoja, voidaan kehittää moduulijärjestelmä. Tuotesarjoja voidaan suunnitella etukäteen tai suunnittelu voidaan

aloittaa jo olemassa olevasta yksittäisratkaisusta. Tuotesarjan kehittämisessä lähdetään liikkeelle yhdestä kehitettävän tuotesarjan rakennekoosta, josta myöhemmin lainalaisuuk-sien mukaan johdetaan muita rakennekoja. Lähtökehityksestä puhutaan peruskehityk-sinä ja johdetuista kehityksistä johdoskehityksinä. /11, s. 465–515/

Tuotesarjojen kehittäminen on apukeino tuotteen ja sen valmistuksen rationalisoimiseksi. Saa-vutettu etu on suunnittelutyön hyödyntäminen eri sovelluksissa. Kun käytetään sovelluk-sissa samaa luokkaa, ei tarvitse keksiä aina luokkaa uudestaan. Tämä puolestaan kasvattaa valmistuseräkokoja, jolloin saavutetaan taloudellista etua ja korkeampi laatu. Käyttäjälle muodostuvia etuja ovat edullisempi hinta ja lyhyempi toimitusaika, joka koskee myös va-raosatoimituksia. Huono puoli on rajoitettu koko ja käyttöominaisuusvalikoima. Osat eivät myöskään ole aina täysin optimaalisia käyttötilanteeseen. /11, s. 465–515/

Tuotesarjan vaikutusta tuotantokustannuksiin osoittaa tutkimus, jonka mukaan osavalmis-taja valmistaa osaa viiden kappaleen erissä noin 40–50 % halvemmalla kuin yhden. Kone-pajat tyypillisesti valmistavat omiin varastoihinsa kerrallaan noin kolmen kuukauden me-nekkiä vastaavat sarjat. Jos tuotesarjan yhden kokoluokan menekki ei riitä tuon etuuden saavuttamiseen, on edullista saada mahdollisimman suuri määrä samoja osia sisältymään tuotesarjan eri kehityksiin, jolloin sarjakoot kasvavat ja saavutetaan tarvittava menekki.

4.4 Teollinen muotoilu

Tuotekehityksessä olennaista on asiakkaan tarpeen, toiveen ja arvojen tunnistaminen sekä niiden toteuttaminen. Näistä seikoista muodostuu tuotteen keskeisin kilpailukyky. Nykyai-kaisessa yhteiskunnassa ei-materiaaliset arvot ovat nousemassa tärkeämmiksi kovassa kil-pailutilanteessa. Tuotteiden erottuvuus syntyy yhä useammin mielikuvatekijöiden, brändin ja ulkonäön perusteella. Ihmiselle mielikuva voi olla enemmän kuin todellisuus. /10, s. 139–146./

Muotoilulla pyritään muovaamaan myös yrityskuvaa, jolloin muotoilua kuvaavampi termi on Design management. Yrityksen profiili on yrityksen lähettämä kuva siitä, miltä yritys haluaa näyttää ulospäin. Yrityskuva (imago) on havaintojen ja johtopäätösten summa, eli yleinen mielipide, jonka asiakas luo yrityksestä ja sen tuotteista. Profiili ja imago eivät koskaan täysin kohtaa, mutta profiililla voidaan vaikuttaa imagoon. Tuote on yksi rajapinta yrityksen ja asiakkaan välissä. /10, s. 139–146./

Nykyisin tuotteen ominaisuuksiin ei riitä asiakkaan tarpeen täyttäminen, vaan menestyvän tuotteen on täytettävä tarpeet paremmin kuin muut tuotteet sen tekevät. Tuotteen on erotut-

tava kovilla markkinoilla. Tällöin tuotteen ensivaikutelmalla on kaikkein suurin vaikutus. Tämä on otettava tuotesuunnittelussa huomioon teknisten seikkojen lisäksi. /10, s. 139–146./

Teollisen muotoilun on liityttävä projektiin jo alkumetreillä; se ei voi kulkea irrallaan muusta tuotekehitysprojektista. Teollisen muotoilun kustannukset tuotekehitysprojekteissa ovat tyypillisesti 1 - 5 % ja se voi toimia yrityksissä omana osastonaan tai ulkopuolelta ostettuna palveluna. /10, s. 139–146./

Teollisen muotoilun on luotava ennakkokäsityksiä, ja sen tehtävänä on myös luoda käsityksiä tuotteen toiminnasta, käytöstä ja huollosta. Esimerkiksi käyttöpaneelin symbolien on havainnoitava nappien toiminnasta. Muotoilulla voidaan estää myös laitteen vääränlainen käyttö. Esimerkiksi tuote muotoillaan siten, ettei sitä pystytä nostamaan kuin turvallisesta kohdasta. /10, s. 139–146./

4.5 3D-suunnitteluperiaatteiden merkitys toimitusketjussa

Koneenrakennusosalalla detaljisuunnittelu tehdään 3D-mallinnusohjelmilla lähes poikkeuksetta nykyaikana. 3D-mallintamisella tarkoitetaan kolmiulotteisten mallien luomista osista tietokoneohjelmistolla. Oikeaoppinen ja yhtenäinen mallintaminen, piirrepuurakenne ja osien liittäminen toisiinsa on tärkeää käytännössä.

Mallintamisella ja liittämistavoilla on erittäin suuri merkitys isommissa tuotekokonaisuuksissa ja valmistettavien osien vakioinnissa. Suunniteltaessa esimerkiksi asiakasmallia, tehdään osiin pieniä muutoksia. Osien muuttaminen käy helposti monistamalla osaa eri tuotteesta ja muuttamalla identtistä monistettua osaa. Monistettuun osaan suunnittelija tekee muutokset nopeasti ja vaivattomasti. Jos osa on mallinnettu huolimattomasti, osan muuttamiseen voi kulua enemmän aikaa kuin uuden osan mallintamiseen. Tämä voi isommissa kokonaisuuksissa viedä aikaa satoja tunteja muutaman kymmenen tunnin sijaan. Kulunut muutostentekoaika näkyy suoraan tuotteen toimitusajassa sekä tuotteesta saatavassa katteessa, koska kyseisiä ongelmia ei yleensä huomioida ennalta. Asia korostuu, kun suunnittelijoita on useampi. Silloin malleja muuteltaessa on tärkeää tehokkuuden kannalta, että käytännöt mallintamisessa ovat olleet yhtenäiset.

Toinen huomion arvoinen asia 3D-suunnittelussa on osien liittäminen toisiinsa siten, ettei kokoonpano hajoa osaa muutettaessa tai vaihdettaessa. Kuten edellä kuvatussa esimerkissä oikeaoppista ja yhteiseksi sovittua tapaa laatia 3D-malleja sekä liittää niitä toisiinsa voi-

daan pitää toimitusketjussa merkittävänä, vaikka kyse on melko yksinkertaisesta asiasta 3D-suunnittelussa. Oikeaoppisen kulttuurin luominen tulisi huomioida jo koulutuksessa.

4.6 Kustannusten hallinta

Kaikissa suunnitteluprosessin vaiheissa on tärkeää seurata kustannuksia. Tunnetusti suurin osa tuotteen kustannuksista määräytyy valitusta ratkaisuperiaatteesta (layoutista), seuraa-vaksi eniten rakennemuotoilusta (detaljisuunnittelusta) ja seuraavilla vaiheilla, kuten val-mistuksella ja asennuksella ei juuri ole käytännössä enää mahdollisuuksia saada merkittä-viä säästöjä aikaiseksi. /11, s.535–561./

Tuotantokustannukset sisältävät kiinteitä ja muuttuvia kustannuksia. Kuitenkin tuotekehi-tyksen alueella tehtävien päätösten kannalta olennaisia ovat muuttuvat kustannukset sillä ainoastaan niihin voidaan vaikuttaa suunnittelussa tehtävillä päätöksillä. Kiinteisiin kus-tannuksiin vaikuttavia päätöksiä ovat esimerkiksi valmistuseräkoko, materiaalmäärä sekä valmistus- ja asennustapa. /11, s.535–561./

Kustannusten tunnistamiseen on kehitetty erilaisia työkaluja. Ne perustuvat suhteellisten kustannusten vertailuun, materiaalikustannusten arviointiin, regressiolaskentaan, muutos-laskentaan yhtäläisyyslakien mukaan tai kustannusrakenteiden seuraamiseen. Lähes kaikki näistä työkaluista on monimutkaisia ja vaativat paljon perehtymistä, jotta niistä olisi hyötyä kustannusten arvioinnissa. Työkalujen käyttäminen suunnittelun yhteydessä on yleensä hankalaa ja tiukoissa aikatauluissa mahdotonta. /11, s.535–561./

Materiaalikustannuksiin perustuva arviointi on osoittautunut käyttökelpoiseksi suuntaa antavana menetelmänä. Usein yrityksille muodostuu käsitys käytetyn materiaalmäärän suhteesta valmistuskustannuksiin. Yrityksillä käsitys tarkentuu pitkällä aikavälillä ja pa-remmin niillä, jotka valmistavat ja kehittävät samankaltaisia tuotteita. Menetelmässä osien valmistettavuutta voidaan korjata kertoimilla. Tällä menetelmällä tuotteelle voidaan mää-rittää tavoiteltavasta hintatasosta tavoitepaino, joita on helppo seurata suunnittelun yhtey-dessä. /11, s.535–561./

Arvoanalyysillä tunnistetaan tuotteen erilaisia kustannuksia ja sitä käytetään, kun tavoit-teena on kustannusten alentaminen. Toiminnon kustannuksiin pohjautuva päätöksenteko ja ryhmätyö ovat menetelmässä välttämättömiä. Ryhmätyötä tehdään toimitusketjun eri toi-mialojen, kuten myynnin, hankinnan, suunnittelun, valmistuksen, kokoonpanon ja huollon kesken. Tällöin laaja-alaisen tiedon ja monipuolisen kokemuksen omaavan työryhmän aja-tustenvaihto johtaa kokonaisvaltaiseen tarkasteluun, joka tuottaa yleensä nopean valmistus-

ja kustannusmyönteisen ratkaisun, suhteessa suunnittelijan itsenäiseen työskentelyyn. /11, s.535–561./

4.7 Kustannusmyönteisen suunnittelun neljä pääkeinoa

Seuraavaan on koostettu neljä perusasiaa, joiden huomioiminen suunnitteluprosessin aikana auttaa tuotteen kehittymistä valmistusmyönteisemmäksi ja asennusmyönteisemmäksi. Tätä kautta nämä ohjesäännöt auttavat pienentämään tuotteen valmistuskustannuksia. Vaikka säännöt ovatkin hyvin yksinkertaisia, niihin pääseminen tuottaa useimmiten huomattavasti enemmän työtä, kuin niiden unohtaminen. Näitä tavoitteita lähestytään luonnollisesti kalliimmalta puolelta. Kuinka hyvin nämä saadaan toteutumaan, on verrannollinen suunnittelutyössä käytettyyn aikaan.

Kustannusten pienentämisen neljä pääkeinoa:

- Suosittava mutkattomuutta, pientä osien- ja valmistustoimien määrää.
- Tavoiteltava pientä rakennekokoja materiaalmäärän vähentämiseksi.
- Pyrittävä hyväksikäyttämään suuria valmistuseräkokoja, joita valmistetaan tehokkailla valmistusmenetelmillä.
- Asetettava ainoastaan tarvittavat tarkkuusvaatimukset.

/11, s. 561./

5 TOTEUTUS

Tässä osiossa kuvataan, kuinka valmistettavuuden kehittämisen ja tuotekehityksen yleisiä teorioita on sovellettu tässä opinnäytetyössä.

5.1 Tehtävän selvittely

Ensimmäisenä työstä laadittiin työsuunnitelma, jossa selvitettiin työnkuva, työnvaiheet, riskit, tarvittavat resurssit, alustava aikataulu ja työn rajaus. Työsuunnitelma hyväksyttiin projektinjohtoryhmässä, jonka jälkeen aloitettiin varsinainen tehtävän selvittely. Tehtävän selvittelystä käytetään myös ilmaisua esiselvitys. Esiselvitysvaihe alkoi tiedonkeräämisellä, jossa selvitettiin nykytilanne ja kehitystarpeet. Esiselvitysvaiheessa analysoitiin myös muut markkinoilla olevat voimayksiköt. Esiselvitysvaiheessa pohdittiin myös QFD menetelmän käyttöä. Tiukan aikataulun takia, se katsottiin tähän projektiin liian raskaaksi työkaluksi. QFD menetelmä auttaa priorisoimaan kehitystarpeita ja arvioimaan kilpailevien tuotteiden suhdetta kehitettävään tuotteeseen.

5.1.1 Tiedonkeräys

Tiedonkeräys suoritettiin haastattelemalla kehitystyöhön osallistuvien osastojen edustajia. Haastattelujen tueksi laadittiin nykytilannetta ja kehitystarpeita selvittävä kaavake. Työhön osallistui seuraavien osastojen edustajat: hydraulikka, myynti, laatu, huolto ja varaosa, sähkö, testaus, hankinta, valmistaja ja tuotannonohjaus. Kokoonpano-osaston työntekijät olivat kaikki pitkällä pakkolomilla ja heitä ei päästy haastattelemaan esiselvitysvaiheessa. Kokoonpanon työnjohtaja oli mukana vaatimuslistan hyväksymispalaverissa, jolloin kokoonpano-osastolta saatiin arvokasta palautetta kehitystarpeista. Myös tehtaan muita työnjohtajia haastateltiin.

Varastossa oli yksi 10CCU voimayksikkö, jonka perusteellinen tutkiminen auttoi nykyisten ratkaisujen selvittelyssä. Tulevan tuoterakenteen sisäistämiseksi laadittiin kaavio kehitettävän tuotteen tuoterakenteesta. Kaaviota päivitettiin koko esiselvitysvaiheen ajan.

5.1.2 Vaatimuslista

Projektiryhmän sisällä palautteet käsiteltiin ja kehitystarpeista laadittiin vaatimuslistaesitys. Vaatimuslistaesitys toimitettiin kaikkien projektissa olevien osastojen luettavaksi ennen sen hyväksymistä. Tämä nopeuttaa vaatimuslistaesityksen läpikäyntiä ja hyväksymistä.

Vaatimuslista on esiselvityksen tuotos, joka on kehitystarpeesta riippuen muutaman sivun mittainen luettelo ominaisuuksista ja vaatimuksista, jotka uuden tuotteen tulee sisältää. Tässä projektissa vaatimukset on jaettu vaatimustasoihin vaatimusten tärkeyden mukaan. Kiinteä vaatimus tarkoittaa jotakin ominaisuutta, joka kehitettävässä versiossa tulee olla. Vähimmäisvaatimus on jokin tavoitearvo, jonka uusi tuote tulee vähintäänkin täyttää. Toivomus on ominaisuus, joka olisi hyvä olla tuotteessa, jos se on mahdollista järkevästi toteuttaa. Vaatimuslistaan kirjattiin vastuuhenkilöt vastaamaan kunkin vaatimuksen täyttymisestä.

5.1.3 Vaatimuslistan hyväksyminen

Hyväksyminen toteutettiin yhteisessä palaverissa kaikkien projektissa mukana olevien osastojen keskuudessa. Aluksi esiteltiin periaateratkaisut, jotka tehtiin projektiryhmän sisällä. Palaverissa esiteltiin vaatimuslistaesityksen kohdat perusteellisesti. Kaikki mukana olijat saivat tuoda näkemyksensä esille vaatimuksista. Muutosesitysten pohjalta tehtiin tarvittavat muutokset vaatimuslistan asiasisältöön sekä vaatimustasoihin. Huomautusten perusteella joitakin toiveita nostettiin vaatimuksiksi ja päinvastoin. Vaatimuslistasta saatiin selkeä ja yksiselitteinen. Yhdessä laadittu lista muuttaa vaatimukset palvelemaan koko toimitusketjua, eikä ainoastaan yhtä sen osaa. Listan laatiminen yhdessä auttaa projektin osapuolia sitoutumaan projektiin ja tavoitteista tulee yhteisiä.

Vaatimuslistaan lisättiin yhdessä sovitut asiat ja kirjoitettiin puhtaaksi. Lopuksi jaettiin vaatimusten vastuuhenkilöt, jonka jälkeen vaatimuslista hyväksyttiin yhteisesti ja se toimitettiin jakeluun. Kaikki työntekijät saivat tiedon asetetuista tavoitteista ja niistä vastaavista henkilöistä. Hyväksytty vaatimuslista (liite 2) toimii lähtökohtana suunnittelun seuraaville vaiheille. Työssä laadittu vaatimuslista on standardimuotoinen.

5.2 Layout-suunnittelu

Kun voimayksikköä on kehitetty edellisen kerran vuonna 2008, oli ehditty laatimaan muutama luonnos karkealle tasolle ennen projektin keskeytymistä. Tässä projektissa vanhoja luonnoksia kehitettiin eteenpäin ja uusia luonnoksia tehtiin erilaisista vaihtoehtoista. Luonnoksia valmistui seitsemän, joista alettiin muodostaa päätöstä kehitykseen otettavasta versiosta. Päätöksenteon yhteydessä syntyi yksi mahdollinen konstruktiovaihtoehto, joka päätettiin luonnostella ensimmäiseltä valintakierrokselta jatkoon menneiden luonnosten rinnalle. Luonnosten kokonaismäärä kasvoi kahdeksaan.

5.2.1 Pääkomponentit ja suunnittelua ohjaavat tekijät

Voimayksikön pääkomponentteja ovat moottori, moottorinjäähdytin, pumput, polttoainesäiliö (720 l.), hydraulikkaöljysäiliö (1100 l.), hydraulikkaöljyn jäähdyttimet ja sähkökaappi, jotka olivat mukana luonnosteluvaiheessa. Luonnosteluvaiheen kaikissa luonnoksissa on tarkoitus, että voimayksikössä on selkeä hydraulinen pääty, joka sisältää kaiken hydraulikan. Tekninen pääty sisältää sähkökaapin, akut, moottorin tuloilman suodattimet ja polttoaineeseen liittyvät varusteet.

Sähkökaappi on kaikissa sama. Tämän kehitystyön myötä voimayksikön kaikissa malleissa käytetään samaa valmista sähkökaappia, jota voidaan käsitellä ainoastaan yhtenä nimikkeenä. Ennen sähkökaappi on ollut monista peltiosista koottu omavalmiste.

Säiliöitä tullaan käyttämään osana ulkopintaa, jolloin ulkopellityksen määrää voidaan vähentää huomattavasti. Tällä saavutetaan säästöjä, vaikka se vaatiikin valmistusteknisesti hieman enemmän, kun säiliön sisäiset hitsisaumat eivät saa tulla näkyviin säiliön ulkopinnalla.

Runko toimii kaikissa malleissa uloimpana osana tuotetta ja se ottaa ensimmäisenä vastaan ulkoiset kolhut. Näin saadaan poistettua entisen rakenteen ulkonevat muodot, jotka ovat helposti rikkoutuvia.

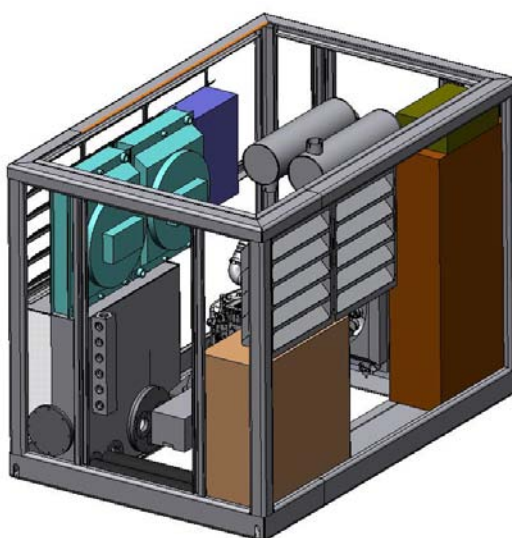
Voimayksikön sisäiset ilmavirtaukset ovat kaikissa toimivissa luonnoksissa toteutettu siten, että moottorin jäähdytysilma tulee voimayksikön päästä sisään ja virtaa yksikön läpi. Moottorin jäähdytysilma virtaa yksikön alaosassa. Yksikön yläosassa virtaa öljynjäähdytysilma ja tulee pitkän sivun yläosasta sisään ja vastakkaisesta sivusta ulos. Lähtökohdaksi moottorinjäähdyttimen sijoitukselle määrättiin, että sen on perinteisesti moottorin edessä ja se saa voiman hihnavälityksellä moottorista. Ilmavirtausten huomioiminen on yksi tärkeimmistä asioista yksikön hyvän toimivuuden kannalta. Yksiköiden sisällä aiemmissa versioissa on voinut olla 120 °C lämpötila, joka on aiheuttanut ongelmia. Tästä johtuen erittäin kuumat ja lämpöä tuottavat osat, kuten pakoputken äänenvaimentimet ja hiukkasuodattimet, tullaan asettamaan pellityksen ulkopuolelle.

Luonnoksissa toinen äänenvaimennin kuvaa tilavarauksena tulevaisuudessa toimivaa hiukkasuodatinta. Äänenvaimennin tulisi sijoittaa siten, että se voidaan liittää mahdollisimman yksinkertaisella ja lyhyellä pakoputkella moottoriin.

Moottorille syötettävä ilma pitää olla mahdollisimman viileää, joten tuloilmasuodatin on sijoitettava sen mukaisesti. Lisäksi suodattimen huolto tulisi olla mahdollisimman vaivatonta. Lisäksi yhdysputken tulisi olla mahdollisimman yksinkertainen. Tällainen tila on lähellä moottorinjäähdytintä, jolloin moottori saisi samanlaista ilman kuin moottorinjäähdytinkin. Puhdistaminen tapahtuisi teknisenpäädyn kautta. Tilavaraus täytyy tehdä myös tuloilmanesisuodattimille, jota käytetään trooppisissa maissa lisävarusteena. Lisää huomioitavista asioista liitteessä 2. Vaatimuslista.

5.2.2 Layout-luonnokset

Layout versio 1



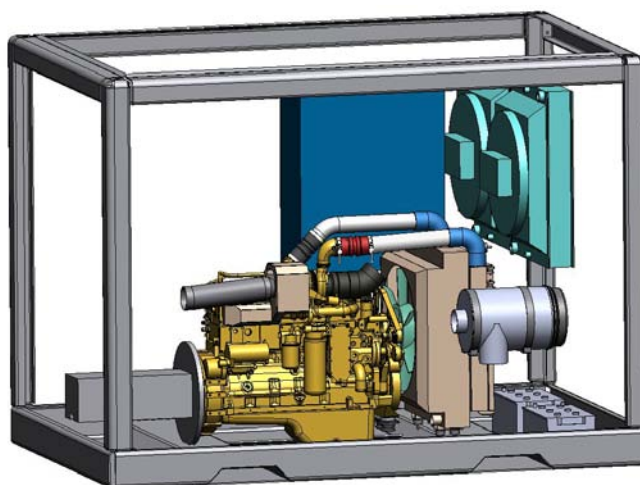
Kuva 3. Luonnos layout versiosta 1

Version 1 pääajatus on peräisin keskenjääneestä tuotekehitysprojektista. Kuten kuvasta 3 nähdään, moottori on sijoitettu keskeisesti runkoon nähden. Polttoainesäiliö on rungon etukulmassa pystyssä. Hydrauliikkaöljysäiliöt ovat sijoitettu molemmiin puolin rungon suuntaisesti. Öljysäiliöt yhdistyvät erillisten putkien avulla alareunasta. Öljynjäähdyttimet ovat pystyssä öljysäiliön päällä. Lisää materiaalia kaikista luonnoksista voidaan tarkastella liitteestä 3. Luonnosteluvaiheen layoutit.

Hyvää tässä versiossa on säiliöiden yksinkertaiset muodot. Säiliöt voidaan asentaa yhtenäisen pohjalevyn päälle, kuten muutkin pääkomponentit. Myös öljysäiliöihin on öljynkierron kannalta järjestettävissä pitkä C-muotoinen öljynkierto, joka parantaa säiliöiden toimivuutta ja parantaa ilman poistumista öljystä. Tällä järjestelyllä saadaan koko öljymäärä kiertämään järjestelmässä. Hyvänä asiana on painopisteen asettuminen luonnollisesti keskilinjalle leveyssuunnassa.

Huonoa valmistus ja kokoonpanomielessä on, että öljytila jakautuu useaan säiliöön. Lähtökohtaisesti aina useamman osan valmistaminen yhteen osaan verrattuna on kalliimpi ratkaisu. Säiliöiden yhdistäminen erillisillä putkilla aiheuttaa tiukkoja mittatarkkuusvaatimuksia säiliöihin ja yhdysputkiin, jolloin säiliöiden yhdistäminen aiheuttaa suuren mahdollisen vikakohdan pitkällä aikavälillä tarkasteltuna. Kahden säiliön sijoittaminen voimayksikön hydraulikkapäätyyn tekee päästä ahtaan hydraulikka komponenttien sijoittelulle ja letkutukselle. Ahtaat tilat huonontavat kokoonpantavuutta ja huollettavuutta.

Layout versio 2

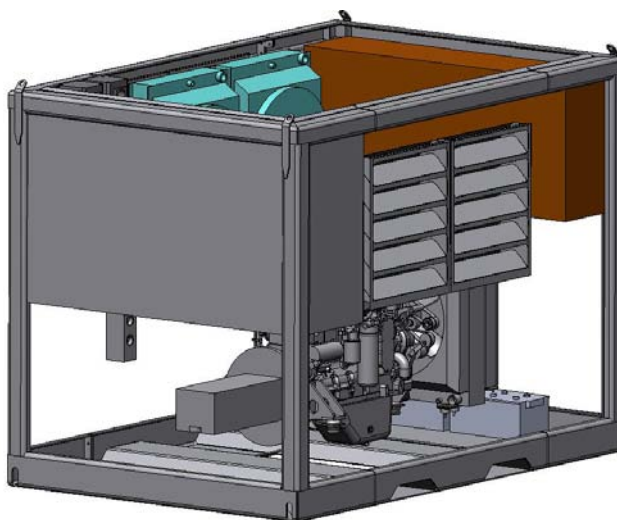


Kuva 4. Luonnos layout versiosta 2

Version 2 ajatus on tehdä voimayksiköstä yhteen suuntaan läpivirtaava jäähdytysilman suhteen. Tämä olisi virtausteknisesti paras ratkaisu. Tällöin ilmavirtaukset eivät sotkisi toisiaan ja jäähdytyksen hyötysuhde olisi hyvä.

Luonnostelun alkuvaiheessa huomataan, ettei tämä järjestely ole mahdollinen. Kuten kuvasta 4 nähdään, säiliöiden ja sähkökaapin sijoittaminen on mahdotonta siten, ettei ne estä ilmavirtauksia. Luonnostelu tämän version kohdalla lopetettiin. Luonnosta pidetään vaihtoehtoisissa ja päätöksentekotilaisuudessa mukana, että kaikille selviää tällaisen ratkaisun olevan mahdoton toteuttaa. Tämä vähentää jälkipuhetta ja auttaa tekemään kaikkien kannalta varman loppuratkaisun kun ollaan tietoisia siitä, että kaikki mahdolliset vaihtoehdot on käyty läpi.

Layout versio 3



Kuva 5. luonnos layout versiosta 3

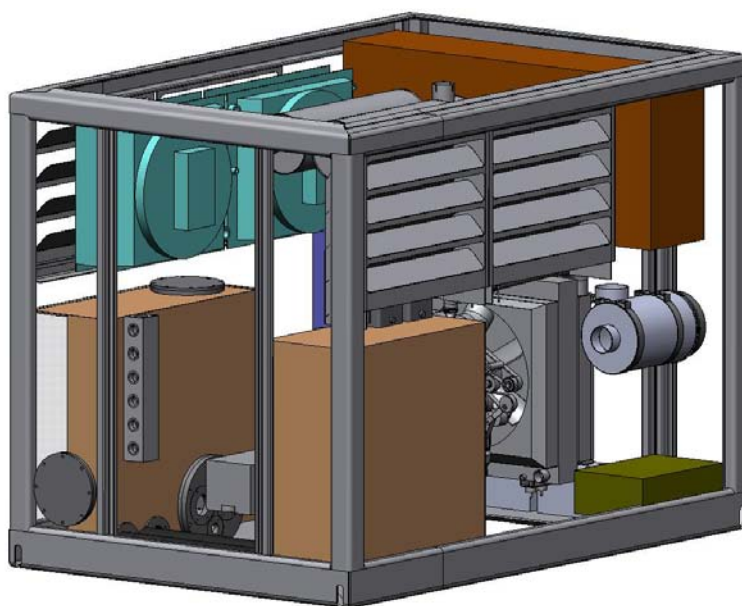
Versiossa 3 on molemmat säiliöt sijoitettu ylös poikittain päihin (kuva 5.), jolloin saadaan hyvin tilaa alaosan muulle tekniikalle. Moottori sijoittuu keskeisesti runkoon nähden. Konstruktio pitää painopisteen automaattisesti keskilinjalla riippumatta ovatko säiliöt täysiä vai tyhjiä. Korkeussuunnassa painopiste nousee puolestaan ylemmäksi säiliöiden täytyessä. Painopisteen nousua ei voi pitää merkittävänä, sillä painopiste asettuisi arviolta noin 1,2 m korkeudelle. Voimayksikön leveyden ollessa 2 m kaatumisvaara ei ole todennäköinen missään tilanteessa. Tämä versio on myös ensimmäisen version tavoin peräisin edellisestä tuotekehitysyrityksestä.

Hyvänä tässä luonnoksessa on kokoonpanomyönteisyys, kun layoutia sovellettaessa runkoon, jossa on selkeä keskiosa, ja selkeät päätyosat. Keskiosaan asennetaan moottori ja öljynjäähdyttimet. Päätyosiin asennetaan säiliöt, jonka jälkeen nämä kolme esivarusteltua osaa liitetään lopuksi yhteen ja voimayksikkö on johdotusta ja letkujen asennusta vaille valmis. Ilmavirtaukset erottuvat toisistaan, kun öljynjäähdytysilma virtaa selkeästi säiliöiden välissä. Tämä versio mahdollistaa toteutuksen yhdellä öljy ja polttoainesäiliöllä.

Tämän version heikkous on rungon moduulirajapintojen mittatarkkuus. Runkoon täytyy valmistaa isot laippaliitokset rungon pitkälle sivulle, jossa pienetkin runkopalkin suunnanmuutokset erottuvat helposti katsojan silmissä. Isot laippaliitokset ovat epätaloudellisia pidempien hitsien ja koneistettavien laippojen takia. Yhtenäinen pohjalevyajatus häviää ja osien määrä pohjaosan hitsauskokoonpanossa kasvaa. Säiliöiden kiinnittäminen rungon yläosaan vaatii kiinnikkeiltä enemmän lujuusteknisesti, muttei ole kuitenkaan mahdoton.

Vahingon sattuessa säiliöt valuvat tyhjäksi konstruktion ylimpinä komponentteina. Tämä aiheuttaa myös polttoainepuolella lisäteknikan järjestämistä polttoainelinjaan, jolla estetään hydraulisen lukon muodostuminen moottorin palotilaan. Hydraulinen lukko voi rikkoa moottorin käynnistettäessä. Lukon muodostuminen on kuitenkin estettävissä lisäteknikalla.

Layout versio 4



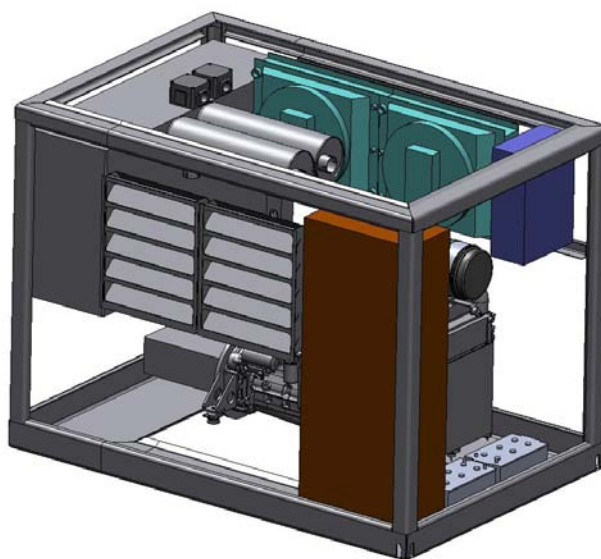
Kuva 6. Luonnos layout versiosta 4

Versiossa 4 yhdistyvät versiot 1 ja 3. Kuvan 6 osoittamalla tavalla polttoainesäiliö on poikittain päädyssä ylhäällä ja hydraulikkaöljysäiliö muodostuu kahdesta pitkittäin pohjalevyn päällä olevasta säiliöstä. Hydraulikkaöljysäiliöt on yhdistetty toisiinsa erillisillä yhdysputkilla.

Suuri ero edellisiin versioihin on öljynjäähdyttimien sijoittaminen vaakatasoon, mikä tuo avointa tilaa yksikön alareunaan huollolle. Jäähdytinjärjestely vaatii enemmän tilaa pituussuunnassa, mikä korostuu tuoteperheen isommissa kokoluokissa, joissa jäähdyttimien määrä kasvaa. Tästä syystä ideaa ei voida soveltaa kaikkiin layouteihin, kuten versioon 3.

Polttoainesäiliön ollessa yksikön ylälaidassa saadaan avointa tilaa yksikön tekniseen päettyyn. Tilaa kuitenkin tarvitaan enemmän hydraulikkapäädyssä. Paksut letkut vaativat paljon tilaa ympärilleen letkujen suurten kääntösäteiden vuoksi. Esimerkiksi paluulinjassa käytettävien 2" letkujen ohjeellinen pienin sallittava kääntösäde on 630 mm.

Layout versio 5



Kuva 8. Luonnos layout versiosta 5

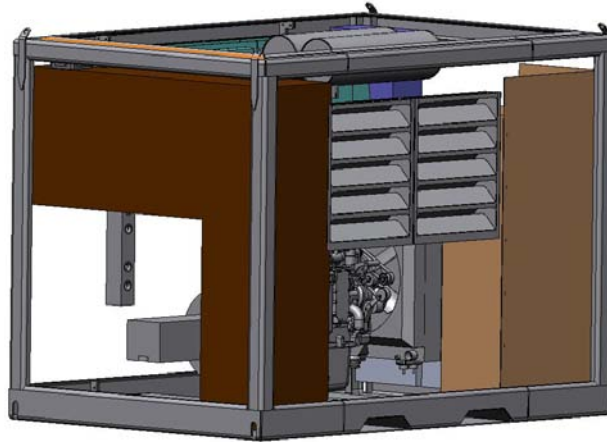
Versio 5 on edellisen version käänteinen malli. Polttoainesäiliö on kulmassa pystyssä ja hydraulikkaöljysäiliö on hydraulikkapäädyssä ylhäällä poikittain (katso kuva 7). Moottori on keskeisesti yksikön keskilinjalla. Öljynjäähdyttimet ovat vaakatasossa ylälaidassa. Sähkökaappi sijoittuu aivan teknisen tilan etuyläkulmaan. Järjestely tuo tarvittavaa tilaa letkujen vedoille ja huollolle.

Säleikköjen päälle on varattu tila sulamisvesien poistolle äänenvaimennuskoteloista. Ratkaisu vie kyseisten säleikköjen alareunan melko alas, mikä hankaloittaa jäähdytysilmavirtojen pitämistä toisistaan erillään hyvän hyötysuhteen saavuttamiseksi.

Koska moottorin on keskilinjalla ja polttoainesäiliön on kulmassa pystyssä niin kuin tässä versiossa, on polttoainesäiliöön hankalaa saada tarvittava tilavuus. Säiliötä ei voi kasvattaa suhteettomasti leveyssuunnassa, sillä säiliö ei saa tulla moottorinjäähdyttimen takalaidan tasaa pidemmälle, jolloin säiliö estäisi pääsyn jäähdyttimen hihnalle huoltotilanteissa. Myös isommalle jäähdyttimelle ja säiliölle on varattava tilaa tuoteperheen isompiin malleihin. Kun uusi Tier-4-päästöluokitus otetaan tulevaisuudessa käyttöön, on odotettavissa, että jäähdyttimen koko kasvaa entisestään jäähdytystarpeen kasvaessa, mikä korostuu varsinkin tuoteperheen isommilla moottoreilla varustelluissa yksiköissä. Voisi olla mahdollista suunnitella symmetrinen lisäpolttoainesäiliö kulmaan moottorinjäähdyttimen toiselle puolelle. Mutta kuten aikaisemmin käsiteltiin, usean säiliön valmistaminen ja niiden liittäminen toisiinsa ei ole paras ratkaisu. Sähkökaapille ei ole paljon tilaa eikä vaihtoehtoja sen

sijoittamiselle. Sähkökaapille tarvittava tila kuitenkin järjestyy teknisen tilan etuyläkulmasta, jos lisäpolttoainesäiliötä ei tarvita.

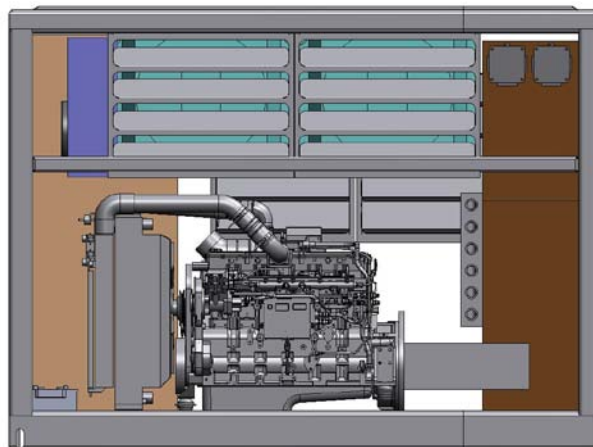
Layout versio 6



Kuva 8. Luonnos layout versiosta 6

Versio 6 on version 5 kehittyneempi malli. Moottorilinjaa on siirretty n. 250 mm sivulle voimayksikön keskilinjasta. Tämä helpottaa tarvittavien säiliötilavuuksien saavuttamista, koska säiliöleveyttä voi kasvattaa. Öljysäiliöstä voi laskea yhden kulman alas (kuva 8), mikä tuo lisätilavuutta säiliöön ja näin saadaan myös järjestettyä luonnollisempi imusuunta pumpulle säiliön alalaidasta. Isommat säiliöt kompensoivat moottorin viemää painopistettä takaisin keskelle säiliöiden täyttöasteen mukaan. Muuten tämä versio vastaa versiota 5.

Layout versio 7



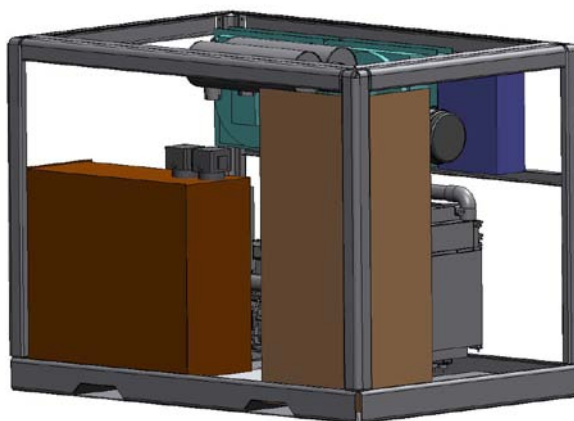
Kuva 9. Luonnos layout versiosta 7

Versio 7 on puolestaan versiosta 6 jalostettu paremmin huollettava vaihtoehto. Paluuuodattimet on käännetty vaakatasoon, jolloin niiden vaihto ja puhdistaminen onnistuu voimayksikön kyljestä niin että katolle ei tarvitse mennä (kuva 9). Katolle kiipeäminen on

kyseenalaista maissa, joissa on tiukat työturvallisuusmääräykset, kuten esimerkiksi Englannissa. Paluusuodattimien toiminnasta vaakatasossa ei yrityksellä ole paljoa kokemusta.

Jäähdyttimet on käännetty siten, että siivet toimivat puhaltavina. Jotta jäähdyttävän ilman lämpötilaero olisi edelleen mahdollisimman suuri, siivet puhaltavat ilman jäähdyttimiin voimayksikön ulkopuolelta. Näin pyöritysmoottoreiden huoltaminen helpottuu, sillä sen voi tehdä kokonaan yksikön ulkopuolelta. Jäähdyttimien kääntö kuitenkin herkistää jäähdyttimet helpommin lialle ja puhdistaminen on työläämpää. Jäähdyttimien hyötysuhde heikkenee imevänä toimivaan jäähdyttimeen nähden noin 10 %. Muuten tämä versio vastaa versiota 6.

Layoutversio 8



Kuva 10. Luonnos layout versiosta 8

Versio 8 sai alkunsa vasta ensimmäisessä päätöksentekotilaisuudessa. Moottorilinjaa siirretään kahden edellisen version tavoin 200 – 300 mm sivulle voimayksikön leveyssuunnassa. Polttoainesäiliö on myös tässä versiossa teknisen päädyn etukulmassa (kahden edellisen tavoin). Öljysäiliö on voimayksikköön nähden pitkittäin pohjalevyllä samalla laidalla kuin polttoainesäiliökin (kuva 10).

Layoutversiolla 8 on mahdollista saavuttaa tarvittavat säiliötilavuudet jakamatta säiliöitä. Samaa layoutia voi toteuttaa tuoteperheen isommissakin malleissa. Painopiste asettuu tässä vaihtoehdossa melko alas, mikä antaa vapautta painopisteen sivuttaissuuntaiselle sijoittumiselle, joka vaihtelee säiliöiden tilan mukaan. Kokoonpano on helppo toteuttaa, kun lähes kaikki pääkomponentit voi sijoittaa yhtenäiselle pohjalevyille. Variaatio antaa paljon yhtenäistä vapaata tilaa moottorin laidalle esimerkiksi huollolle. Säiliöiden väliin jää vapaa aukko, josta pääsee huollon yhteydessä käsiksi moottorin suodattimille ja hihnalle. Sähkökaapin voi sijoittaa siten, että se mahtuu aukeamaan kokonaan yksikön ulkopuolelle tai

sisäpuolelle. Tällöin käyttöpaneeli sijoittuisi sähkökaapin sivuseinään ja näin ollen yksikköä voisi käyttää sen ulkopuolelta.

Joissakin moottorivaihtoehdoissa moottoriöljyn lisäysaukko jää lähelle öljysäiliötä. Öljynlisäys tätä kautta voi osoittautua hankalaksi. Öljyä voidaan kuitenkin lisätä myös käsipumpun avulla, joka on kytketty moottorin öljypohjaan. Tämän pumpun avulla suoritetaan normaalisti öljynpoisto öljynvaihdon yhteydessä. Pumppua voidaan myöhemmin mahdollisesti käyttää öljyn liikutteluun molempiin suuntiin.

Versiossa 8 muodostuu haasteeksi jäähdyttimien putkitukset tuoteperheen isommissa malleissa, sillä öljynjäähdyttimien runko sijoittuu lähelle putkia. Myös öljyn kiertämiseen säiliössä tulee kiinnittää erityistä huomiota. Lähtökohtaisesti säiliöiden toimivuus vaakatasossa ei ole yhtä hyvä kuin pystyasennossa. Vaakatasossa olevan säiliön ilman erottaminen öljystä on hankalampi toteuttaa, kuten tässä versiossa. Luonnokset kaikista versioista on kuvattu tarkemmin liitteessä 3. Luonnosteluvaiheen layoutit.

5.2.3 Layout-päätöksen tekeminen

Layoutpäätöksenteossa päätettiin mistä layout versiosta tuote tehdään. Päätökset tehtiin kehitystyössä olevien osastojen edustajien kesken yhteisessä päätöksentekotilaisuudessa. Ensimmäisellä kierroksella saatiin layout versiot karsittua kahteen. Toiselle kierrokselle layoutmalleja kehiteltiin laatimalla kokoonpantavuutta ja tuoteperheajattelua tukevat luonnokset. Toisen päätöksentekotilaisuuden lopuksi valittiin layout versio ja rungon moduulointi ratkaisu. Valinnan jälkeen kehiteltiin lopullinen layout.

Ensimmäinen kierros

Ensimmäisen päätöksentekotilaisuuden alussa todettiin version 2 olevan mahdoton. Samalla katsottiin myös version 7 olevan pudotuskelpoinen. Kyseisen version pudotus katsottiin olevan aiheellinen huonomman öljynjäähdytys hyötysuhteen ja paluusuodattimien asennon vuoksi. Yrityksellä ei ole kokemusta paluusuodattimen toimivuudesta vaakatasossa, mikä koetaan riskinä kokonaisuutta ajatellen. Ainakaan aiemmin käytössä olevaa suodatinmallia ei ole tarkoitettu vaakatasossa käytettäväksi.

Päätöksen teon tukena oli taulukkolaskentaohjelmalla laadittu arviointitaulukko, joka löytyy liitteestä 4 luonnosten arviointitaulukko. Taulukossa arvioitiin eri versioita valmistettavuuden, laadunvarmistuksen, osien kuljetettavuuden ja varastoinnin, kokoonpantavuuden, käytön/toimivuuden, kunnossapidon, vaadittujen työpanostusten, suhteellisten hankinta-

kustannusten, tuoteperhesoveltuvuuden ja käyttöturvallisuuden kannalta. Arviointiasteikko oli 1-5. Kertoimilla painotettiin keskeisimpiä kriteereitä. Painotusta saatiin myös luotua siten, että käyttämällä kapeampaa arviointiasteikkoa esimerkiksi asteikon alapäästä, jolloin kyseisen kriteerin vaikutus kokonaispisteisiin pieneni. Ohjelma laski meille kertoimilla painotetut pisteet kullekin layout versiolle ja asetti ne paremmuusjärjestykseen sekä piirsi kuvaajan.

Tämän mukaan versiot 1 ja 4 jäivät muista versioista ja ne karsittiin pois. Pisteytys auttoi rajaamaan helposti vaihtoehdot kolmeen. Jäljelle jääneet kolme vaihtoehtoa olivat pisteen päässä toisistaan. Pisteytys ei siis antanut eroa käytännössä jäljelle jääneiden välille. Versio 5 karsiutui vielä, koska ei kykene kunnolla säiliöntilavuusvaatimuksiin. Lisäksi versio 6 on version 5 kehittyneempi malli joten on luonnollista, että nämä versiot eivät erottuneet vertailussa toisistaan. Lopulta versiot 3 ja 6 jäivät jäljelle. Tilaisuuden aikana esille nousi vielä yksi mahdollinen vaihtoehto, joka päätettiin luonnostella seuraavalle kierrokselle kahden muun valitun luonnoksen rinnalle.

Vaikka lopullista päätöstä ensimmäisessä palaverissa ei saatu aikaiseksi, palaveria ja käytettyä menetelmää voidaan pitää onnistuneina, koska vaihtoehtoja saatiin rajattua niin hyvin, että vain jäljelle jääneitä on järkevää kehittää seuraavalle kierrokselle.

Toinen kierros

Päätöksenteon toiseen palaveriin valmisteltiin tarkemmat layoutit mukana olevista vaihtoehdoista. Luonnoksiin tehtiin muutokset, jotka tulivat esille ensimmäisessä päätöksentekotilaisuudessa. Samaan vaiheeseen luonnosteltiin esiin noussut kahdeksas versio.

Mukana olevista vaihtoehdoista laadittiin luonnokset joista käy ilmi, miten kyseinen layout sopii tuoteperheajatteluun (liite 5 luonnosten jatkokehittelyt). Luonnoksista käy ilmi miten isompi malli kasvaa suhteessa kehiteltävään malliin. Vastaavasti laadittiin myös luonnokset, miten kyseinen tuleva voimayksikkö kootaan.

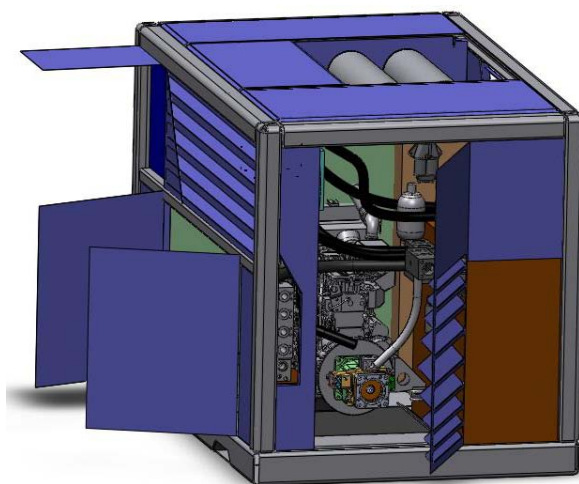
Layout päätös lukitsee myös rungon moduloinnin rajapintojen paikat eli minkä tyyppinen rungon modulointimalli valitaan. Kaikkiin layout vaihtoehtoihin ei käy kaikki runkovaihtoehdot vaan ne tukevat toinen toisiaan. Ainoastaan layoutversio 6 voidaan tulla valmistamaan kaikilla runkotyypeillä.

Rungon detaljisuunnittelu on kulkenut esiselvitysvaiheesta asti tämän työn mukana. Rungon suunnittelusta on kerrottu tarkemmin luvussa 5.3 detaljisuunnittelu. Luonnokset run-

gon moduulien rajapinnoista on nähtävillä liitteessä 6. Rungon eri toteutus mallit on ollut esitelty ensimmäisen kerran projektissa mukana olleille vaatimuslistan hyväksymispalaverissa. Suunnitelmien esitelmöinti aikaisessa vaiheessa oli tietoinen ratkaisu, jolla projektissa mukanaolevien mieliin on saatu ajatukset olemassa olevista vaihtoehtoista ja se on auttanut mielikuvien muodostumisessa layoutista päätettäessä.

Kehittelyjen valmistuttua pidettiin toinen päätöksentekotilaisuus, jossa valmistellun materiaalin perusteella saatiin yksimielisyys tulevasta layoutista. Version 8 valitseminen ohjasi rungon modulaarisuuden suhteen siihen, että järkevintä oli valita yhtenäinen pohjalevy johon pääkomponentit asennetaan. Päälle kootaan varusteltu yläosa. Päätyosassa päädyttiin yhtenäiseen hitsauskokoonpanoon. Se jäykistää päätyosan kulmat ja yhtenäisen päätyosan ei tarvitse muuntautua muiden mallien runkoihin nähden.

5.2.4 Lopullinen layout



Kuva 11. Lopullinen layout

Lopullisen layoutin määrittäminen on valitun luonnoksen kehittelyä, jossa on mukana hydraulikkakomponentit ja päälinjat sekä muita komponentteja kuten esilämmitin, suodattimet, polttoaine-, moottoriöljy, hydraulikkaöljy pumpput ja öljysäiliön alipainepumppu tulevilla paikoillaan. Luonnos lopullisesta layoutista on nähtävillä kuvasta 11. Kattavammin luonnoksia on esitelty liitteessä 7.

Hydraulikkakomponenttien paikkojen etsiminen osoittautui todella hankalaksi. Paikkojen etsiminen vaati hydraulikkajärjestelmän ja jokaisen komponentin toimintaperiaatteen tuntemisen tarkasti, jotta järjestelmästä muodostuu järkevä ja hyötysuhde ei heikkene. Paalu-

tusjärjestelmissä käytettävät paksut letkut ja niiden vaatimat taivutussäteiden ohjearvot ovat suuria, jopa 630 mm.

Lähtö ja paluu tukin sovittaminen samaan päätyyn pumpun kanssa oli haaste, josta kuitenkin saatiin aikaan hyvin järkevä konstruktio. Tavoite oli, että koko tuoteperhe voidaan toteuttaa samoilla komponenteilla ja hydraulikka voitaisiin esivarustella kokoonpanossa mahdollisimman pitkälle. Ihanteena on, että kaikki nostettaisiin yhtenä moduulina paikoilleen, jonka jälkeen tehdään tarvittavat liitokset putkiin. Komponenttien sijoittelusta teki vaikeaa se, että käytössä oli vanhat entisiin malleihin suunnitellut komponentit, jotka on suunniteltu vanhaan konstruktioon ja vanhalle putkitukselle sopivaksi. Aikaa kului paljon hydraulikkaosien mallintamiseen, sillä suurimmasta osasta ei ollut 3D malleja olemassa.

Pyrkimyksenä letkujen suunnittelussa oli, että vähintään letkujen toiset päät ovat suoria. Tämä korostuu letkujen vahvuuksien kasvaessa. Paksut letkut ovat erittäin hankalia vääntää kierteelle tai usealle erisuuntaiselle mutkalle. Varsinkaan, jos letkujen päissä olevat mutkat eivät satu oikeaan kulmaan toisiinsa nähden.

Toiseksi letkuihin oli järjestettävä riittävä jousto letkurikkojen estämiseksi. Moottori, pumppu-moduulilla on oma resonanssitaajuus ja muulla rakenteella omansa. Värähtelytaajuserot korostuvat moottorin käynnistyessä ja sammussa, jolloin moottori värähtelee hetken ominaistajuudellaan. Suoria letkuja ei voi siis käyttää, koska moottorin heiluminen muuhun rakenteeseen nähden repii letkut irti liitoksista. Putkituksen käyttö valmistusmyönteisen ajattelun ja varaosien kannalta ei ole järkevää.

Lopullisen layoutin pienempien komponenttien paikkojen päätettäessä mukana oli projektiryhmän lisäksi huollon, tuotannonohjauksen ja kokoonpanotiimin edustajat. Hydraulikka-komponenttien ja järjestelmän toimivuuden varmisti Junttan Oy:n hydraulikka-asiantuntija. Lopputuloksesta saatiin kaikkia miellyttävä. Hydraulikka voidaan kokoonpanossa varustella hyvin valmiiksi tietämättä voimayksikön kokoluokkaa. Esivarustelu moduuli nostetaan yhtenä kokoonpanona hydraulikkaöljysäiliön kylkeen, minkä jälkeen liitetään putket.

Hydraulikka ja muut varustelukomponentit tullaan kiinnittämään yksikköön erillisen kiinnityslevyn avulla. Kiinnityslevy mahdollistaa nimikkeiden elinkaaren hallitsemisen. Ei ole järkevää suunnitellaan esimerkiksi polttoainepumppua suoraan säiliön kylkeen kiinnitettäväksi, koska pumpun tyyppi ja kiinnikkeet myöhemmin voi muuttua. Kiinnikkeiden muuttuessa on muutettava myös säiliötä ja koko säiliöstä tulee pahimmassa tapauksessa uusi

versio. Uusi versio tulee, jos uusi säiliö ei ole enää vaihtokelpoinen vanhaan. Kun käytetään kiinnityslevyä, voidaan tämänkaltaiset muutokset hallita irrotettavan kiinnityslevyn reavisioinnilla kätevästi. Useita varustelukomponentteja voidaan varustella samaan kiinnityslevyyn, milloin tuotteen kokoonpanomyönteisyys paranee.

Lopulliseen layoutiin mietittiin lisäksi pellitys- ja ovijako. Päädyissä käytetään samoja ovia ja kattopellitys sisältää samoja osia. Lopullinen layout on nähtävillä liitteessä 7. Se toimii pohjana detaljisuunnittelulle yhdessä vaatimuslistan kanssa.

5.3 Detaljisuunnittelu

Detaljisuunnittelu on tuotteen yksityiskohtaista suunnittelua. Kirjallisuudessa vaihetta kuvataan myös termillä viimeistely. Tässä vaiheessa voidaan vaikuttaa yksittäisten osien valmistettavuuteen, jolla on merkitystä kokonaiskustannuksiin ja läpimenoaikaan. Perusmenetelminä osien valmistusmyönteisessä suunnittelussa pidetään osien pitämistä yksinkertaisina, osien sarjakokojen kasvattamista käyttämällä samoja osia useissa kohdissa ja tarkoituksissa. Valmistusmenetelminä käytetään yksinkertaisia menetelmiä, kuten särmäystä. Nimikkeiden määrä pidetään mahdollisimman pienenä suunnitteleamalla osat siten, että samalla osalla on useampi tarkoitus kokonaisuudessa.

Tämä opinnäytetyö ei varsinaisesti käsittele tuotteen detaljisuunnittelua mutta rungon osalta käsitellään kuitenkin liitoksia, ainesvahvuuksia ja profiilin valintaa sekä sitä miten pääkomponentit ja pellitys tullaan kiinnittämään runkoon. Rungon detaljisuunnittelu alkoi jo esiselvitysvaiheessa.

Runkoon kohdistuvat periaatepäätökset tehtiin jo luonnosteluvaiheessa. Päätöksiä olivat rungon valmistaminen särmäämällä levystä ja rungon kokoonpanomyönteiset modulointiratkaisut. Rungon moduloinnista päätettäessä huomioitiin rungon kuljettaminen toimitusverkostossa sekä osien varastoinnin parantaminen. Merkittävä päätös tuoteperheessä on samojen päätymittojen käyttäminen koko tuoteperheessä. Tuoteperheen runkojen ero saadaan aikaiseksi ainoastaan neljällä osalla.

Kehitettävän voimayksikön päätymitat tulevat laivakontin mitoista, voimayksikön on mahdolluttava laivakonttiin. Pituus määräytyy tieliikennelaista, jossa ei sallita yli 3 m leveitä kuljetuksia. Alle 3 m pitkä voimayksikkö voi olla kuljetusten aikana kiinni koneessa vastapainona.

Rungon suunnittelussa huomioitiin myös logistiikka. Kokonaan hitsatun rungon sisään jää paljon tyhjää tilaa ja rungot eivät pakkaudu sisäkkäin kuljetusten aikana. Niiden kuljettaminen täysikokoisina toimitusketjun eri osien välillä on erittäin epätaloudellista, koska rungon osia on tarkoitus päästä valmistamaan ja liikuttamaan vähintään viiden kappaleen erissä. Mikäli runkoja valmistetaan tulevaisuudessa Suomen ulkopuolella, logistiikan merkitys korostuu entisestään.

Muu detaljisuunnittelu ja piirustusten laatiminen on rajattu kokonaan tämän opinnäytetyön ulkopuolelle. Piirustukset laaditaan detaljisuunnittelun valmistuttua tarjouskyselyä ja prototyypin valmistusta varten. Detaljisuunnittelua sekä prototyypin valmistusta käsitellään DigiBranch-hankkeen myöhemmissä julkaisuissa.

5.3.1 Runkoon valitut profiilit ja osien liittyminen runkoon

Lähtökohta profiilien suunnittelulle on, että sen on kestävä jatkuva nelipistenostelu ja työmaaolosuhteiden asettamat vaatimukset, kuten pienet iskut nosteltaessa. Jälkimmäistä ehtoa voidaan pitää kriittisempänä. Valmistuksellisesti edullista on valita sellainen profiili, johon muiden komponenttien ja pellityksen liittäminen on yksinkertaista. Runkopalkkien profiilien muotoilu vaikuttaa lisäksi ulkonäköön, koska runko tulee voimayksikön ulomaksi osaksi.

Työssä päädyttiin muotoilemaan rungon profiili itse. Tällöin profiilista saadaan halutun vahvuinen ja muotoinen muiden osien kiinnitykseen. Tässä tapauksessa profiilin valmistaminen särmäämällä on standardiprofiilia halvempi ratkaisu. Standardiprofiili on edullinen vaihtoehto, kun sitä ainoastaan katkotaan ja liitetään. Kun profiilia lovetaan tai siihen hitsataan kiinnikkeitä ja laippoja, kuluu paljon työtä ja lisämateriaalia. Lisäksi sillä saavutetut lujuudet eivät ole optimaalisia ja ulkonäkö jää yleensä melko pelkistetyksi.

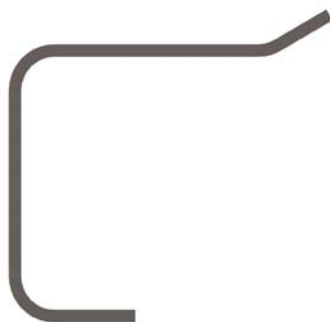
Hitsaaminen on lähes kallein työmenetelmä teräsrakenteiden valmistuksessa. Kaikkia hitsattujen rakenteiden valmistusta tarkastelemalla voidaan kokemukseräisesti todeta hitsaajien hitsaavan keskimäärin noin 23 cm tunnissa suhteutettuna hitsaajan käyttämään työaikaan.

Särmättyä profiilia valmistetaan leikkaamalla ensin levystä sopiva aihio, joka muovataan halutun profiilin muotoon särmäyspuristimella. Aihioita leikattaessa palkkeihin voidaan tehdä viistouksia, paikoitusaukkoja, kiinnitysreikiä tai vaikkapa aukkoja trukilla nostelua varten samalla työllä. Ennen särmäämistä ne leikataan valmiiksi oikeisiin kohtiin, ja taivutuksen jälkeen palkki on valmis.

Särmätyissä palkeissa voidaan käyttää vapaammin pyöreitä ja silmää miellyttäviä muotoja. On olemassa kuitenkin materiaalista ja materiaalivahvuudesta riippuvat ohjearvot, jotka antavat optimaalisimman särmäyssäteen. Särmätty profiili mahdollistaa optimaalisemman materiaalin käytön.

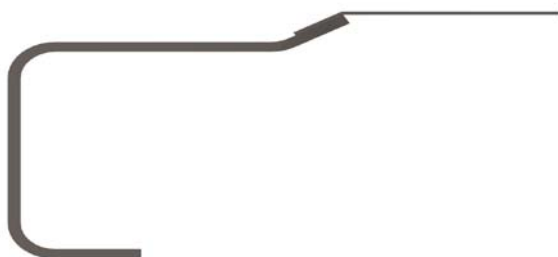
Komponentteja ei liitetä runkoon metalli metallia vasten -liitoksilla, vaan aina väliin laitetaan jokin resonanssin katkaiseva eriste. Tällä estetään resonanssin eteneminen rakenteissa, mikä vähentää laiterikkoja ja melutasoa. Resonanssin katkaisuun käytetään kumityynyjä, kumilistoja, tiivisteitä ja sopivia kanttinauhoja. Myös pienet valmistuksessa syntyneet epätarkkuudet voidaan kompensoida tällä tavalla. Seuraavassa on kuvattu valitut profiilit.

Katto-osan profiili



Kuva 12. Katto-osan profiili

Rungon katto-osaan kiinnittyy pakoputken kiinnityskotelo, kattopellitys, säiliöt ja osa kylkipellitystä. Kattopalkit pitävät rungon yläosan kasassa. Palkkien on kestettävä nurjahtamatta eri nostotilanteissa. Kattopalkkiin valittiin kuvan 12 mukainen profiili. Kuvassa 13 on kuvattu, kuinka kattopellitys tulee liittymään runkoon. Runkoprofiilissa on pokkaus kattopellityksen kiinnitystä varten siten, että vesi ei pääse valumaan liitoksesta sisälle voimaksikköön.



Kuva 13. Kattopellityksen liittyminen runkoon

Pystytolpan profiili



Kuva 14. Pystytolpan profiili

Pystytolppaan kiinnittyy säiliöt ja osa pellitystä. Lisäksi pystytolpat toimivat lähinnä voimien välittäjänä ala- ja katto-osan palkkien välillä. Tolpan täytyy kestää sille asetetut vaatimukset. Pystytolpan profiilista saatiin muotoiltua suhteellisen pienellä materiaalimäärällä sellainen, että siitä katsoja saa todella massiivisen mielikuvan tolpasti. Mielikuvilla on merkitystä tiukassa kilpailutilanteessa. Mielikuvat pitää osata luoda toimialalle sopiviksi ja kohtiin, joista ensivaikutelma syntyy. Säiliöiden liittymistä runkotolppaan on kuvattu kuvassa 15. Profiilin kantiin leveys on 120 mm, ja säiliönreuna kulkee 55 mm etäisyydellä yksikön äärimitoista. Voimayksikön kaikki nurkkatolpat ovat samoja, joten sarjakokoja saadaan kasvatettua.



Kuva 15. Säiliöiden ja pellityksen liittyminen pystytolppaan

Pohjaosan profiili



Kuva 16. Pohjaosan profiili

Pohjaosaan kiinnittyy lähes kaikki yksikön pääkomponentit. Pohjaosalta vaaditaan pintaa, joka riittää kantamaan yksikköä pehmeämmälläkin maaperällä. Pohjaosasta ei kannata tehdä täysin yhtenäistä valmistusteknisistä syistä. Pohjan keskiosa kannattaa nostaa

maasta irti, jolloin kovalla maaperällä olevat epätasaisuudet eivät jää kantamaan yksikköä irti maasta. Valittu profiili on esitetty kuvassa 16. Pellitys ja säiliöt tulevat profiilin sisälle kuten pystytolpassa.

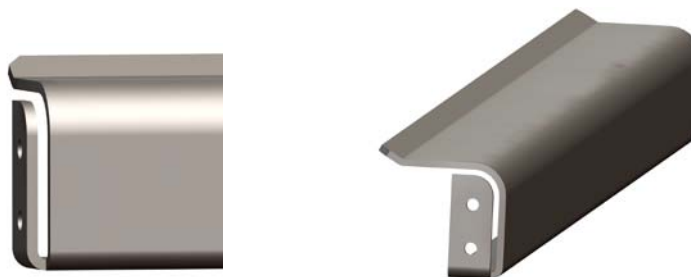
5.3.2 Materiaalien ainesvahvuudet

Materiaaliksi valittiin S355J2G3, koska se on tällä hetkellä halvin perusmateriaali parhaan saatavuutensa ansiosta. Ohutlevyissä voidaan harkita S235:n käyttöä. Työssä ohutlevyllä, tarkoitetaan ainesvahvuudeltaan alle 3 mm:n levyä. Rungossa on päädytty alkuperäisestä 8 mm ainesvahvuudesta 6 mm vahvuuteen. 8 mm on vanhan mallin ainesvahvuus. Se kestää enemmän kolauttelua, mutta 6 mm materiaali kestää normaalin käytön ja lievän kolauttelun. Ainesvahvuudet päätettiin projektiryhmässä valmistajien kanssa käytyjen keskustelujen pohjalta. Rakenteen toimittajia on enemmän, sillä särmäyskalustovaatimukset laskevat ohuemman materiaalin myötä. Toiseksi rungon massa laskee n. 200 kg, joka on suorassa suhteessa materiaalikustannuksiin ja näin vaikuttaa suoraan tuotteen omakustannehintaan.

Säiliöissä päädyttiin 4 mm ainesvahvuuteen, jolloin säiliöiden valmistettavuus on hyvä. Ainesta on helppo hitsata, ja säiliön sisäpuoliset hitsit eivät näky säiliön ulkopinnalla selvästi. Ovien ja muun pellityksen ainesvahvuus määräytyi 1,5 mm:iin. Tarvittava jäykkyys pelteihin saadaan särmäämällä pokkauksia peltien reunoihin. Kattopellityksen täytyy olla hieman vahvempi, sillä sen täytyy kantaa äänenvaimennin ja se ei saa kolhiintua, vaikka nostokoukut tippuisivat katolle hieman korkeammalta.

5.3.3 Esimerkki rungon liitosten ja yläpalkin valmistettavuudesta

Liitospintana on pultti-mutteriliitos. Liitoslaipan voi valmistaa perusmateriaalista särmäämällä valmiin laipan, kuvan 17 mukaisesti.



Kuva 17. Särmäty laippaliitos eri suunnista tarkasteltuna

Laipan särmääminen vaatii kuitenkin hyvin särmättävän materiaalin, jotta kyseinen laippa saadaan taipumaan pienellä taivutussäteellä palkin pätyyn. Särmäty laippa vaatii lisäksi

hitsausta. Helposti särmättävän materiaalin suhteellinen kilohinta on noin 10 % kalliimpi normaaliin S355J2G3 materiaaliin.

Varsinaisen palkin profiilin särmääminen vaatii särmäyspuristimeen määrämittaisen työkaluasetuksen. Kuvan 18 palkin päätylaipat on taivutettu palkin omasta perusaineesta ja keskelle on hitsattu kiinnikkeet komponenttien kiinnitystä varten. Myös useat eri pyöristyssäteet lisäävät teränvaihtoja särmäyksessä.



Kuva 18. Yläosan pitkittäispalkki

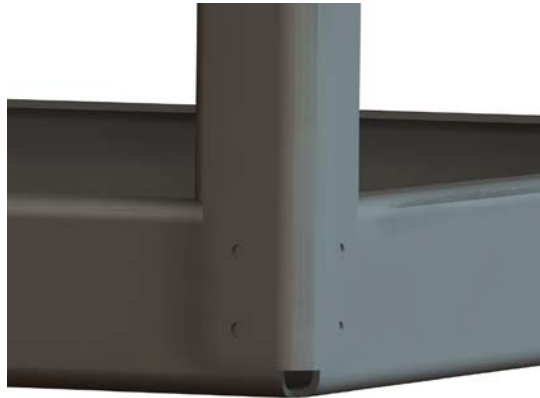
Halvemmassi ratkaisuksi yhteistyöyritysten kanssa pidetyissä palavereissa todettiin polttoleikkaamalla valmistettu ja kokonaan hitsattu laippaliitos (kuva 19). Samalla myös reiät voidaan polttoleikata samalla. Samaa laippaa käytetään useassa kohdassa palkkia, jolloin sen tuotantosarjamäärät kasvavat. Laippa hitsataan molemmilta puolilta vääntymien välttämiseksi. Laippa on hieman ulkona päädyistä paremmin hitsattavissa, ja toiseksi se tekee liitoksesta siistimmän näköisen. Liitoksia ei kannata yrittää tehdä näkymättömäksi, koska käytännössä se ei ole mahdollista ja liitoksesta tulee epäonnistuneen näköinen.

Laippaan ja palkkiin tehdään kohdistusurat, jotka kohdistavat hitsattavat kappaleet oikeille kohdille. Kohdistusurien kaltaisten pikkukyksityiskohtien suunnittelu ympäri rakennetta parantaa mittatarkkuutta, ehkäisee väärinasennusta ja nopeuttaa työtä.



Kuva 19. Polttoleikattu laippa, joka hitsataan palkin päähän

Muun rungon liittyminen pohjalevyyn ratkaistiin viemällä tolpat pohjalevyn ohi ja kiinnittämällä ruuvilla rungon sivusta (kuva 20). Tällä saadaan yläosan liikkuminen pohjalevyn suhteen kiinnitettyä kahdessa ulottuvuudessa; ja ruuveilla kiinnitetään kolmas, pystysuuntainen ulottuvuus. Samalla peittyy pohjaosan terävä kulma. Alaosaan jää aukko vesien valumiselle pesutilanteessa. Päätyosa kootaan hitsaamalla, sillä niiden ei tarvitse muuntautua toisiinsa nähden tuoteperheen eri mallien välillä. Hitsatut liitokset jäykistävät päätyosan rakennetta. Huonona puolena on päätyosien liikuteltavuus toimitusketjussa. Päätyosan massa on tässä ratkaisussa hieman suurempi.



Kuva 20. Rungon yläosan liittyminen pohjalevyyn ruuviliitoksella

6 TOIMINTA YHTEISTYÖYRITYSTEN KANSSA

6.1 Stera Oy

Yhteistyö aloitettiin Stera Oy:n kanssa luonnosteluvaiheessa. Yhteistyönaloituspalaverissa pohdittiin luonnosten ja runkovaihtoehtojen hyviä ja huonoja puolia valmistusmyönteisyyden kannalta. Keskusteluissa otettiin kantaa myös rakenteiden materiaaleihin ja ainesvahvuuksiin.

Yhteistyötä jatkettiin vierailemalla Kaavilla Stera Oy:n tuotantotiloissa. Vierailun aikana kerrattiin projektin tilanne, tutustuttiin tuotantotiloihin ja sovittiin jatkotoimenpiteistä. Detaljisuunnitteluvaiheen yhteistyössä ryhdytään vaihtamaan suunnittelumalleja yritysten välillä, jolloin Stera Oy voi olla tiiviimmin kehitystyössä mukana. Malleja vaihdettiin ja tullaan tämän projektin edetessä vaihtamaan aktiivisesti. Mallien vaihdosta saadaan vastineeksi palautetta osien valmistettavuudesta ja mahdollisia korjausehdotuksia. Palaverissa suunniteltiin myös aikataulua mahdollisen prototyypin valmistukseen liittyen. Stera Oy:n ja opinnäytetyön välinen yhteistyö oli sitoutunutta ja rakentavaa. Yhteistyön avaus tähän järjestelmätoimittajaan oli merkittävä vaihe kaikkien osapuolten kannalta myös tulevaisuutta ajatellen.

6.2 Komas Oy

Yhteistyö Komas Oy:n ja projektin välillä aloitettiin työn esiselvitysvaiheessa, kun selvisi mihin suuntaan opinnäytetyö etenee. Aloituspalaverissa keskusteltiin periaateratkaisuista tulevaan konstruktion liittyen. Säiliöiden ja rungon eriyttäminen toisistaan sai ymmärrystä myös Komas Oy:n puolelta. Palaverissa syvennyttiin rungonvalmistus ratkaisuvaihtoehtoihin ja vertailtiin särmätyn ja valmiin profiilin käyttöä rungossa. Profiilien muotoja tarkasteltiin valmistusmyönteisyyden kannalta. Aloituspalaverissa Komas Oy sitoutui kehitystyöhön.

Yhteistyötä jatkettiin projektin edetessä lähinnä rungon valmistukseen liittyen. Yhteistyöllä saatiin valmistettavuuden kannalta vahvistuksia suunnitelmille sekä uusia ajatuksia rungon modulointia, liitoksia, profiilimuotoja ja ainesvahvuuksia ajatellen. Yhteistyö oli erittäin hyödyllistä. Se avarsi näkemyksiä raskaiden osien valmistettavuudessa särmäämällä ja missä niitä pystyy kotimaisilla markkinoilla helposti valmistamaan.

Osien ei tarvitse olla vaikeasti valmistettavia mutta ne voivat silti vaatia valmistajalta harvinaisempaa konekantaa kokonsa puolesta. Esimerkiksi materiaalivahvuudeltaan 8 mm vahvan ja leveydeltään 3000 mm pellin särmääminen ei enää tavanomaisella särmäyspuristimella välttämättä onnistu. Tällä on suora vaikutus kappaleen hintaan.

6.3 Muotoiluakatemia

Yhteistyö muotoiluun aloitettiin projektin layoutvaiheen alussa. Muotoilijoina oli kolme Kuopion Muotoiluakatemian kolmannen vuositason opiskelijaa. Muotoilijoille esiteltiin aloituspalaverissa muotoiltavan kohteen lähtökohdat. Kohteen esittelyssä syvennyttiin Junttan voimayksikköön, voimayksikön käyttäjäkuntaan, layout vaihtoehtoihin ja tutustuttiin vanhaan voimayksikköön. Tämän pohjalta muotoilijat laativat omat esityksensä luonnoksina tulevasta ulkonäöstä.

Luonnoksia arvioitiin projektin johtoryhmän kesken ja valittiin kultakin opiskelijalta parhaat ideat tarkempaan luonnosteluun. Tarkemman luonnostelun pohjaksi muotoilijat saivat valitun layoutin. Uusien luonnosten pohjalta päätettiin jatkokehitykseen valitusta teemasta. Päätöksenteossa oli johtoryhmän lisäksi Junttan Oy:n myynti- ja markkinointipäällikkö. Muotoiluteemaksi valikoitui Noste (liite 8). Muotoiluluonnos täydentyy yksityiskohdilla kohti lopullista ulkonäköä detaljisuunnitteluvaiheessa. Projekti jatkuu kohti yhteistä mallia prototyypin valmistukseen saakka. Yhteistyö on ollut positiivinen kokemus kaikille osapuolille.

6.4 Kone- ja tuotantotekniikka

Harjoitustyöt konstruktiotekniikka ja tuotekehitys -opintojaksollisille jaettiin layoutvaiheen lopussa. Harjoitustyöksi valittiin rungon suunnittelu layoutiin soveltaen. Töiden tulee täyttää vaatimuslistan vaatimukset. Harjoitustöissä tulee miettiä rungon valmistettavuutta valitsemalla sopiva profiili. Profiilin valinnassa täytyy vertailla erilaisia profiilivaihtoehtoja ja suunnitella pellityksen ja komponenttien kiinnittyminen profiiliin. Rungon moduloinnin on tuettava kokoonpano- ja huollettavuus tavoitteita sekä rungon varioituvuutta muihin voimayksikkö malleihin.

Varsinaista hyötyä opinnäytetyöhön harjoitustöistä ei saatu. Harjoitustyöt valmistuivat opinnäytetyön kanssa samaan aikaan. Tulevaisuudessa voisi hyödyntää oppilaiden tekemiä harjoitustöitä enemmän esimerkiksi lujuuslaskentaan tai muuhun todentamiseen liittyen. Opintojaksoihin sisältyvästä yhteistyöstä opinnäytetyöntekijöiden kanssa hyötyy kaikki yhteistyön osapuolet.

7 TULOKSET JA YHTEENVETO

Työn konkreettisiksi tuloksiksi saatiin vaatimuslista, tulevan voimayksikkötuoteperheen määrittely ja uuden toimintamallin testaus ja käytäntöön saattaminen. Työssä yritykselle laadittiin esimerkki tuotekehitystoimintamallista, jolla tämänkaltaisia projekteja on mahdollista toteuttaa tuloksekkaasti. Tuotekehitysprosessia pyrittiin esittelemään myös tuotekehitysosaston ulkopuolelle.

Huolimatta siitä että suurin osa detalji-suunnittelusta sekä piirustusten laadinta rajattiin tämän työn ulkopuolelle, Junttan Oy sai ratkaisun, jolla asetetut tavoitteet mitä todennäköisimmin saavutetaan. Työssä päätettiin, miten voimayksikön komponentit sijoittuvat toisiinsa nähden ja miltä tuleva Junttan-voimayksikkö näyttää arviolta seuraavat 10–15 vuotta. Tuotekehityksessä rikottiin Junttan Oy:lle ajan myötä tämänkaltaisissa projekteissa tavoiksi muodostuneita toimintamalleja. Suunnittelussa huomioitiin eri osastojen näkökulmat ja tietoa jaettiin toimitusketjulle sekä asioista päätettiin eri osastojen kesken, jolloin päätöksiä tehtiin avarakatseisemmin ja päätöksien taustat selvisivät eri osastoille. Näin ollen tämä työ paransi prosessin kulkua tilauksesta toimitukseen ja toi uuden varteenotettavan toimintamallin, jolla saavutetaan tuloksia ja yhteisymmärrystä koko toimitusketjussa.

Kehitystyötä jatketaan ja tulokset selviävät todennettuina DigiBranch-hankkeen myöhemmistä julkaisuista. Teräsrakenteen lopullinen hinta selviää, kun ajatus on sovellettu kaikkiin kokoluokkiin ja tuoteperheen yhteisten osien sarjakoosta saadaan suunniteltu hyöty irti.

Aikaa ja resursseja olisi voinut käyttää enemmän hydrauliiikan uudistamiseen. Työssä käytettiin paljon resursseja hydrauliiikan järjestämiseen vanhoilla komponenteilla, jotka ovat kehitetty vanhaan konstruktion. Hydrauliiikkajärjestelmää voisi nykyaikaistaa vastaamaan paremmin nykyisiä laitevaatimuksia, mikä vaatisi lähes vastaavanlaajuisen projektin onnistuakseen kunnolla. Teräsrakenne muuttuu uudelleen, kun hydrauliikkajärjestelmää tulevaisuudessa päivitetään. Osa-alueiden eriaikainen kehittäminen kuluttaa paljon ylimääräisiä resursseja. Tästä syystä on järkevää kehittää kaikki eri osa-alueet yhtä aikaa samassa tuotekehitysprojektissa.

Esiselvitysvaiheessa olisi ollut hyvä tehdä QFD -analyysi. Se olisi auttanut selvittämään lisäarvoa tuottavat ominaisuudet ja kuinka suurelle asiakaskunnalle ominaisuudet tuottavat todellisuudessa lisäarvoa. Lisäksi menetelmä olisi auttanut priorisoimaan vaatimuksia to-

teutusjärjestykseen. Tällä hetkellä jokin kallis ominaisuus saattaa hyödyttää vain pientä käyttäjäryhmää, vaikka se tuotetaan kaikkiin malleihin.

Yhteistyötä vanhoihin toimittajiin lisättiin ja työ avasi yhteistyön uuden merkittävän järjestelmätoimittajan ja päähankkijan välille. DigiBranch-hanke pääsi tämän työn myötä mukaan vaikuttamaan valmistettavuuteen ja toimitusketjuun. Tämänkaltaisen yhteistyö näin pitkälle vietynä oppilaitoksen ja yrityksen välille on tietävästi kansallisesti ainutlaatuinen tähän mennessä. Projektia esiteltiin moskovalaisille opettajille ja tutkijoille, jotka olivat tulleet tutustumaan tämänkaltaiseen yhteistyöhön.

Työ opetti, että ideoinnissa ei saa tyytyä ensimmäisenä mieleen tulevaan ratkaisuun, vaikka ratkaisu tuntuisi houkuttelevalta. Jotta voi olla varma ratkaisustaan, täytyy muut mahdolliset vaihtoehdot myös selvittää. Helposti kiireessä uskoo, että paras idea syntyy ensimmäisenä. Nopeat päätökset johtaa yleensä epäkäytännöllisiin ja kalliisiin ratkaisuihin. Tyydyttävänkin lopputuloksen saavuttamiseksi luonnosteluun on syytä varata aikaa, sillä hyvän ratkaisun syntymistä on vaikea ennustaa. Tämä voi olla haaste sille, joka on ryhtynyt tuottamaan hyviä ideoita urakkasopimuksella.

Tuotteen kehittäminen on joukkuepeliä, jossa jokainen kenttäpelaaja hoitaa voiton eteen oman paikkansa, joukkuetta ajatellen. Tulos saavutetaan joukkueena, ei yksilösuorituksina.

LÄHTEET

- 1 Digikone. [Verkkosivu] [Viitattu toukokuussa 2010]
<http://digikone.savonia.fi>
- 2 Junttan Oy yritysesittely. [Viitattu toukokuussa 2010]. Kuopio: Junttan Oy. 2010.
- 3 Junttan Oy. (2010) [Junttan Oy:n kotisivut] [Viitattu toukokuussa 2010]
<http://www.junttan.fi/>
- 4 Komas Oy. (2010) [Komas Oy:n kotisivut] [Viitattu toukokuussa 2010]
<http://www.komas.fi/>
- 5 Stera Oy. (2010) [Stera Oy:n kotisivut] [Viitattu toukokuussa 2010]
<http://www.stera.com/>
- 6 Kuopion muotoiluakatemia [verkkodokumentti].
Avaintietoa. [Viitattu toukokuussa 2010]
<http://www.designkuopio.fi/palveluframe.html>
- 7 Junttan markkinointi esite. [Viitattu toukokuussa 2010]. Kuopio: Junttan Oy.
- 8 20070625 Paalutusmenetelmät esitys. [Viitattu toukokuussa 2010].
Kuopio: Junttan Oy. 2007.
- 9 Airila, Mauri – Ekman, Kalevi – Hautala, Pekka, *Koneenosien suunnittelu*. Porvoo:
WS Bookwell Oy. 2003.
- 10 E. Hietikko, *Tuotekehitystoiminta*. Kuopio:
Savonia-ammattikorkeakoulun kuntayhtymä. Kopijyvä Kuopio. 2008.
- 11 G. Pahl – W. Beiz – J. Feldhusen - K.H. Grote, *Engineering Design*. Lontoo:
Springer - Verlag. 2007.
- 12 E. Ihalainen – K. Aaltonen – M. Aromäki – P. Sihvonen, *Valmistustekniikka*. Helsinki:
Tekijät ja Otatieto Oy. Hakapaino Oy. 2005

LIITTEET

Liite 1 Junttan hammer concept

Liite 2 Vaatimuslista

Liite 3 Luonnosteluvaiheen layoutit

Liite 4 Luonnosten arviointitaulukko

Liite 5 Luonnosten jatkokehittelyt

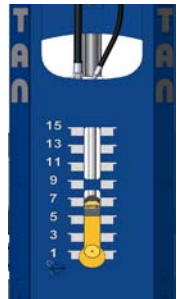
Liite 6 Rungon moduloinnin rajapinnat

Liite 7 Lopullinen layout

Liite 8 Noste

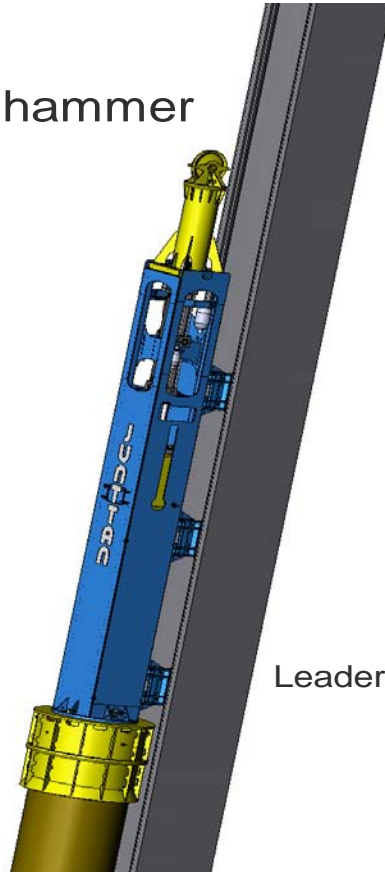
Junttan hammer concept

Junttan hammer



Stroke height scale on hammer frame

Pile



Leader

Hydraulic hoses +
Control cable

Power Pack




Control Box



Energy measure device (Optional)



JUNTTAN

		Vaatimusluettelo		Sivu: 1 (5)
		Päiväys:	Laatinut:	Projektin numero / revisio:
		25.2.10	Tatu Silvast	Savonia-amk / 0
Projektin nimi:		Voimayksikön valmistettavuuden kehittäminen, (10CCU)		
Vaatimusluettelo käsitelty: 24.2.2010 Hyväksytty:		Käsittelijät ja hyväksyjät: Jyrki Holopainen; Sami Soininen; Anssi Suhonen; Juha Hakkarainen; Tommi Lähteinen; Janne Tarvainen; Timo Väisänen; Tamas Nagy; Tatu Silvast; Juhani Väisänen; Juhani Hytönen; Markku Penttinen		
Muutettu	K/V/T	Kehitettävän tuotteen tulee täyttää seuraavat vaatimukset:		Vastaava
	K	Kiinteä vaatimus: Vaatimuksen tulee toteutua kaikissa tilanteissa		
	V	Vähimmäisvaatimus: Vaatimuksella on raja-arvo, joka on saavutettava ja jonka ylittäminen tai alittaminen on toivottavaa		
	T	Toivomus: Tarve, joka otetaan huomioon mahdollisuuksien mukaan		
		Päämitat		
	V	20 jalan kontissa kuljetettava (Kontti: kork:2260 mm, lev:2348, pit: 5897).		TSi
	V	Päätymitat tuoteperheessä on samat (CCU10, 15 ja 20). Maks.leveys 2000, tavoite 1700. Pituus maks. 3000. Maks. korkeus 2200		TSi
		Valmistettavuus		
	T	Pyrkimys laajaan samojen osien käyttöön koko tuoteperheessä.		Tsi
		Kokoonpantavuus		
	K	Runko pulttiliitoksella ja varusteltavalla "pohjalevyllä"		TSi
		Käytännöllisyys		
	K	Vesien valuvuuden huomioiminen.		TSi
	K	Sidontapisteen 4:stä pisteestä ja nostopisteet 4:stä pisteestä.		TSi
	K	Trukilla käsiteltävissä sivulta päin.		TSi
	K	Kävelyritilät optiona.		TSi

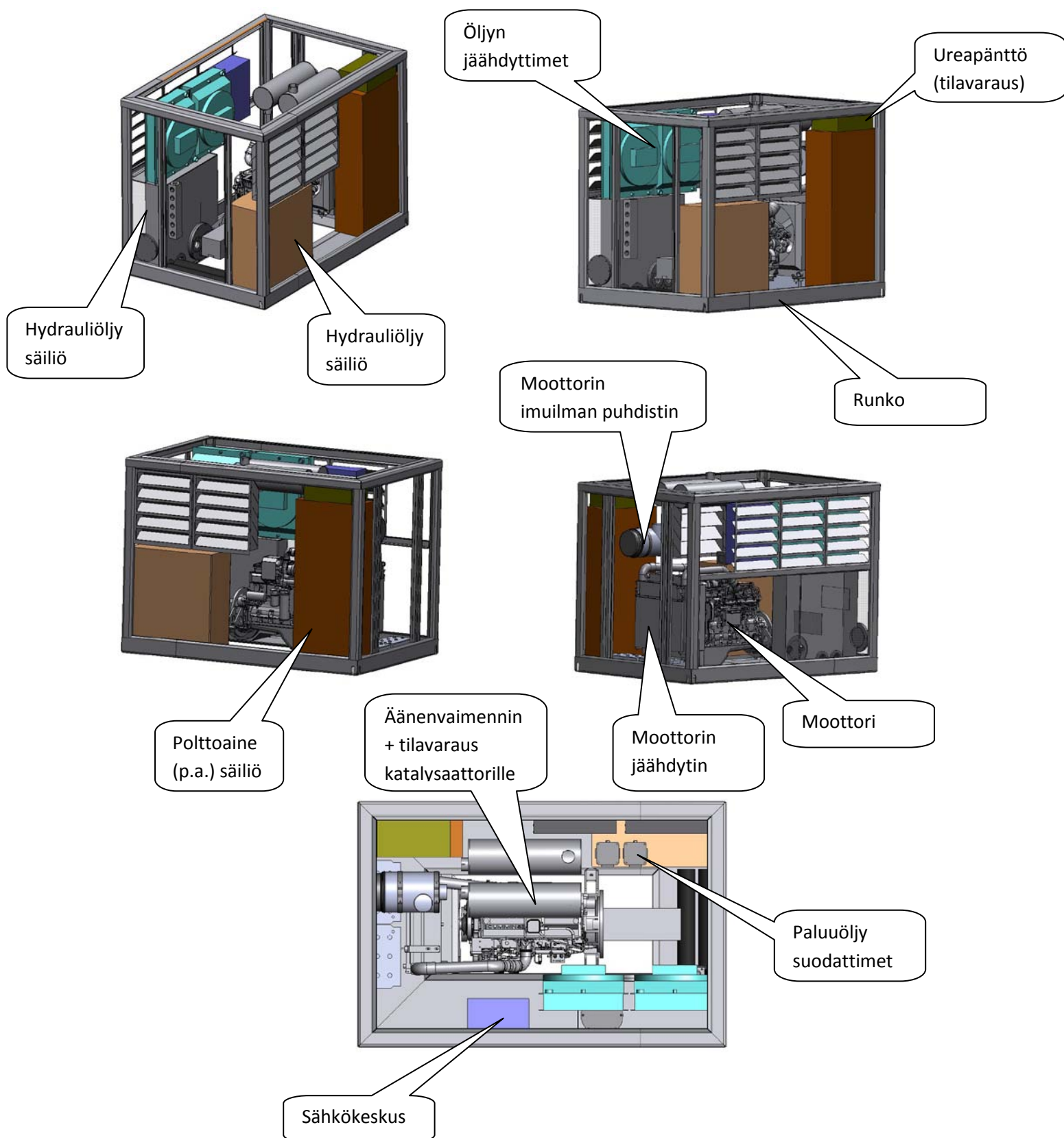
	K	Kontin lukittavuus ja suojaus ilkivaltaa vastaan.	TSi
	T	Ovien lukitus avattuna kylkeen kiinni (180ast.). Ei saa peittää jäähdytyksen ilmankiertoa.	TSi
	K	Arktinen –paketti optiona. * ¹	Mek: TSi Speks: JHy
	K	Sovitettavuus vastapainoksi. * ²	TSi
	K	Tier 4 valmius. * ³	JHy
	T	Kävelyritilöiden soveltaminen jo olemassa olevista kone -malleista.	TSi
	T	Päästä käsiteltävyys.	TSi
	T	Rautakangen paikka.	TSi
		Sähkö	
	K	Valmis sähkökaappi, joka on irrallisena varusteltavissa.	JHo
	K	Tuoteperheen sisällä käytetään samaa sähkökaappia.	JHo
	K	Lukittava pääkytkin.	JHo
	K	Sähkökaapin sijoitus asennuskorkeudelle (min. 1000 mm).	TSi
	K	Erillinen säilytystila PCD3:lle (keltaiselle laatikolle).	TSi
	K	Siirrettävä huoltovalo ja sille lataus pistoke.	JHo
	K	Akkutilan on täytettävä sille määritetyt vaatimukset. * ⁴	TSi
	V	Akut 2 x 180 Ah (Tilamitoitus 2 x 235 Ah).	TSi
	V	"Hätä seis" kytkimen paikan on täytettävä sille määritetyt vaatimukset * ⁵	TSi, JHy
	T	Kaapelihyllyt.	TSi
	T	Johtojen lähtö järkäleelle muiden lähtöjen yhteyteen.	TSi, JHy
	T	Pyrkimys akun plus johdon lyhyeen mittaan.	TSi
	T	Irrotettava sähkökaappi.	JHy, TSi
		Hydrauliikka	
	K	Öljynvalumisen talteen ottaminen. * ⁶	TSi
	T	Lähtöjen ulostulo on läheltä nurkkaa, yksikön pitkältä sivulta. Optiona	TSi, JHy

		helppo suunnattavuus eri käytöissä. 4-pistepalikka tms. Korkeus väh 50 cm maasta.	
	T	Letkuliittimien minimointi	JVä, TSi
		Säiliö *7	JHy
	T	Lämpötilaohjattu jäähdytys	JVä, JHo
	K	2 x T8 jäähdyttimet	TSi
	T	Erillinen hydraulikan esivarustelu	TSi, JVä
		Muotoilu	
	K	Koko osan maalaaminen samalla värillä.	TSi
	T	Sisustassa valoisa maali	TSi
		Huollettavuus	
	K	Työkaluille varattu paikka (pakki tms.).	TSi
	V	Pyrkimys suodattimien vaivattoman huollon järjestämiseen.	TSi
	V	Pyrkimys jäähdyttimien vaivattoman puhdistuksen järjestämiseen.	TSi
	T	Pyrkimys helppoon pumpunvaihto mahdollisuuteen.	TSi
	V	Väh. yksi korkea kulkureitti sisälle.	TSi
		Materiaalit	
	V	Runko: S355J2G3 käyttö perusmateriaalina. Laser luokan käyttö vaihtoehtoina perustelluissa tilanteissa. Ohutlevyt S235J2??	TSi
		Kustannustaso	
	V	Tavoitehinta rungolle, säiliöille ja pellitykselle: xx xxx €	TSi, SSo
	T	- Säiliöt yht: maks. x xxx € (2 x 200kg)	
	T	- Pellitys maks. x xxx € (1000kg)	
	T	- Runko maks. x xxx € (1125kg)	
		Läpimenoaika	
	V	Hankintavaihe (Runko, pellitys, säiliöt), kesto maks. 3 vko (Nyt 6vko)	TSi, SSo

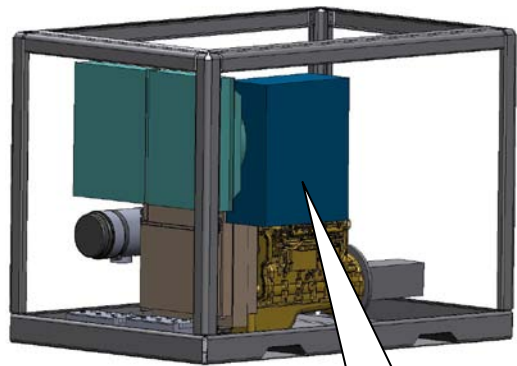
	V	Kalenteriläpimenoaika 2,5 vko → 1vko	TSi, JRe
	T	Kokoonpanotunnit 300 h → 150 h	TSi, JRe
		*¹ Arktismalli	
	K	Huohotuksen huomioiminen	JHy, JVä
	K	Lisälämmitys (webasto)	Tila: TSi Speks: JHy
		• Moottori	
		• hydraulikkaöljy	
		• polttoaine	
		• akut	
		*² Soveltuvuus vastapainoksi	
	K	Nelipistenosto mahdollisuus, kiinnitys maasta käsin.	TSi
	K	Kiinnitysmahdollisuus alanurkista.	TSi
	V	Pituus Max. 3000 mm.	TSi
		*³ Tier 4	
	K	Rungon moduloinnin suunnittelu siten, että voidaan käyttää useampia moottorivaihtoehtoja.	JHy
	K	Tilavaraus isommalle jäähdyttimelle.	TSi Speks: JHy
	K	Tilavaraus hiukkassuodattimelle/katalysaattorille.	TSi Speks: JHy
	K	Ilman esisuodatus.	TSi Speks: JHy
	V	Tilavaraus ureasäiliölle (Kulutus n.5% pa:n määrästä)	TSi
		*⁴ Akkutilalle määritetyt vaatimukset	
	V	Akkujen on pysyttävä paikoillaan sille määritetyssä paikassa.	TSi
	V	Akkutila ei saa olla suljettu (ei saa kuumentua).	TSi
	V	Akkutilan on pysyttävä kuivana.	TSi

	V	Akkuhapon suoraan maahan valumisen estäminen.	TSi
		*⁵ Hätä seis paikan vaatimukset:	
	V	Oltava helposti tavoitettavassa paikassa, ei kuitenkaan ulkoneva	TSi
	T	Saman kytkimen käyttö moduulikoneessa.	JHy
		*⁶ Öljynvalumisen talteen ottaminen	
	K	Lähtö/paluuhanojen alla reilu kaukalo.	TSi
	K	Suodattimien alla kaukalo	TSi
		*⁷ Hydraulikkaöljysäiliö	JHy
	K	Säiliön tyhjennysmahdollisuus	JHy
	K	Puhdistusmahdollisuus.	JHy
	K	Pohjatut kierrereiät.	JHy
	K	Paluusuodatinkotelon tyhjennysmahdollisuus (huom. suodattimien pitkä malli).	JHy
	K	Riittävä ilman erotuksen järjestäminen öljystä.	JHy
	K	Pinnantarkkailun järjestäminen mahdollisimman laajalle matkalle.	JHy
	K	Alipainepumpunkäyttö (optio).	JHy (TSi)
	V	Mittalasit (kesto yli 70 astetta/ UV –säteilyn kesto)	JHy
	V	Öljynpinnantaso pumpun yläpuolella.	TSi, JHy
	V	Koko: pumpun 1 minuutin tuotto. Suos. n.1100 l. (Huom. pitkät letkut.)	JHy
	T	Säiliö pystyssä.	TSi, JHy
		Polttoainesäiliö	JHy
	K	Puhdistusmahdollisuus.	JHy
	K	Pohjatut kierrereiät	JHy
	K	Pinnantarkkailun järjestäminen mahdollisimman laajalle matkalle.	JHy
	V	Tilavuus 16 h käyttö.	JHy
	T	Lisäpolttoainesäiliö, irrallinen tankkaus tai yhdistäminen tynnyriin.	JHy

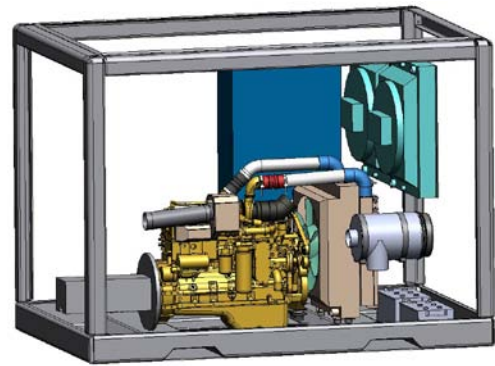
Layout - luonnostelma 1



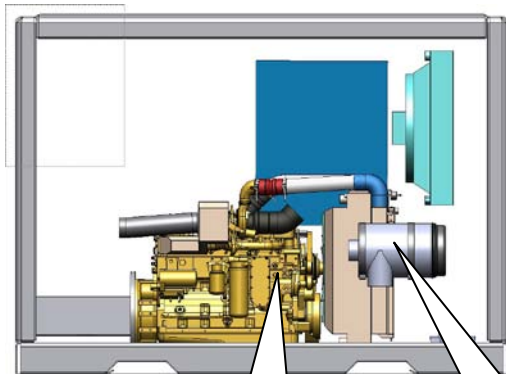
Layout - luonnostelma 1



Sähkökeskus,
isompi malli

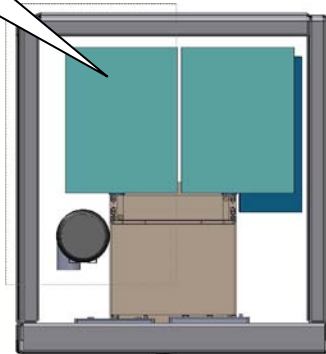


Öljyn
jäähdyttimet

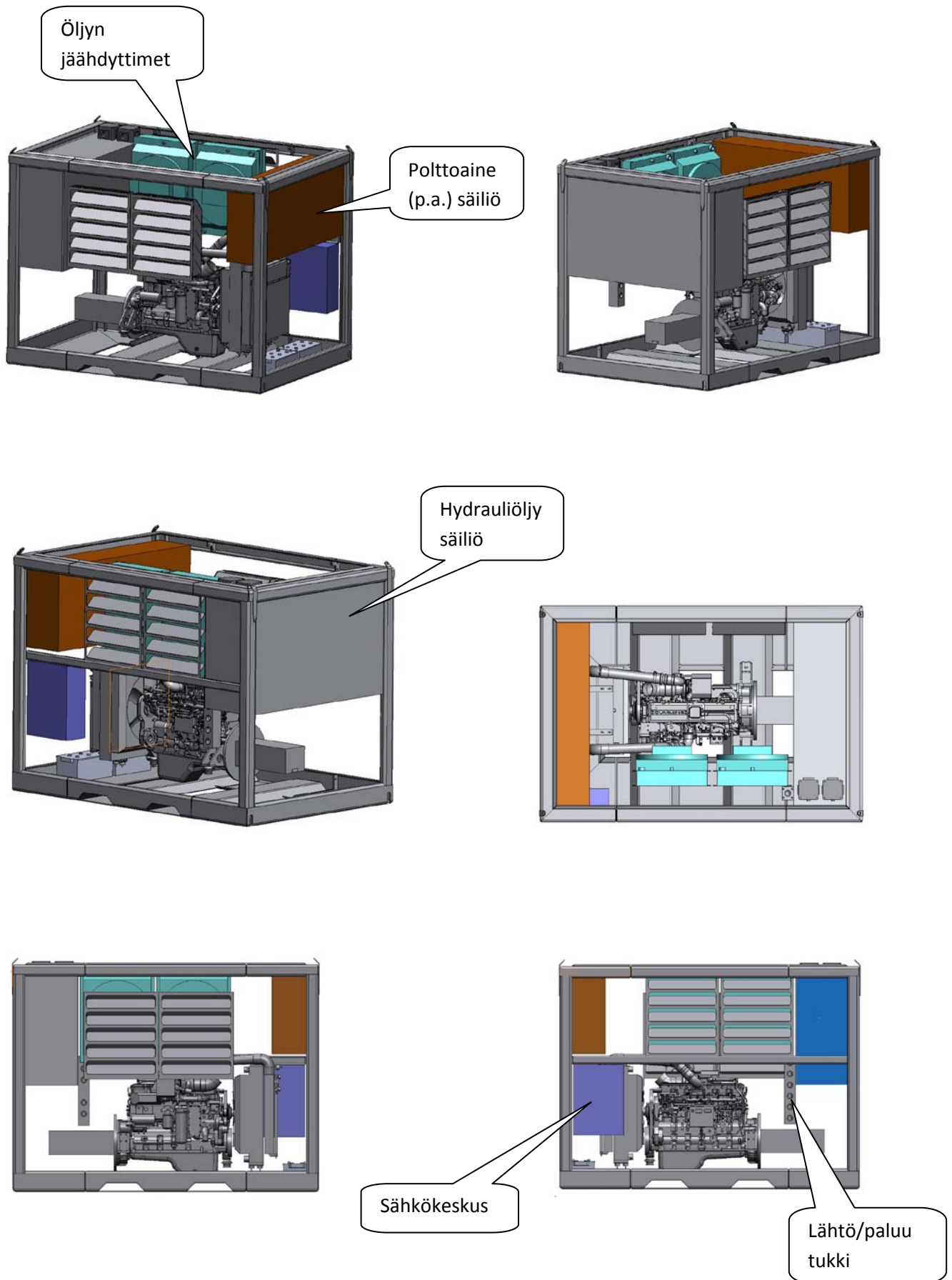


Moottoripaketti =
moottori + jäähdytin

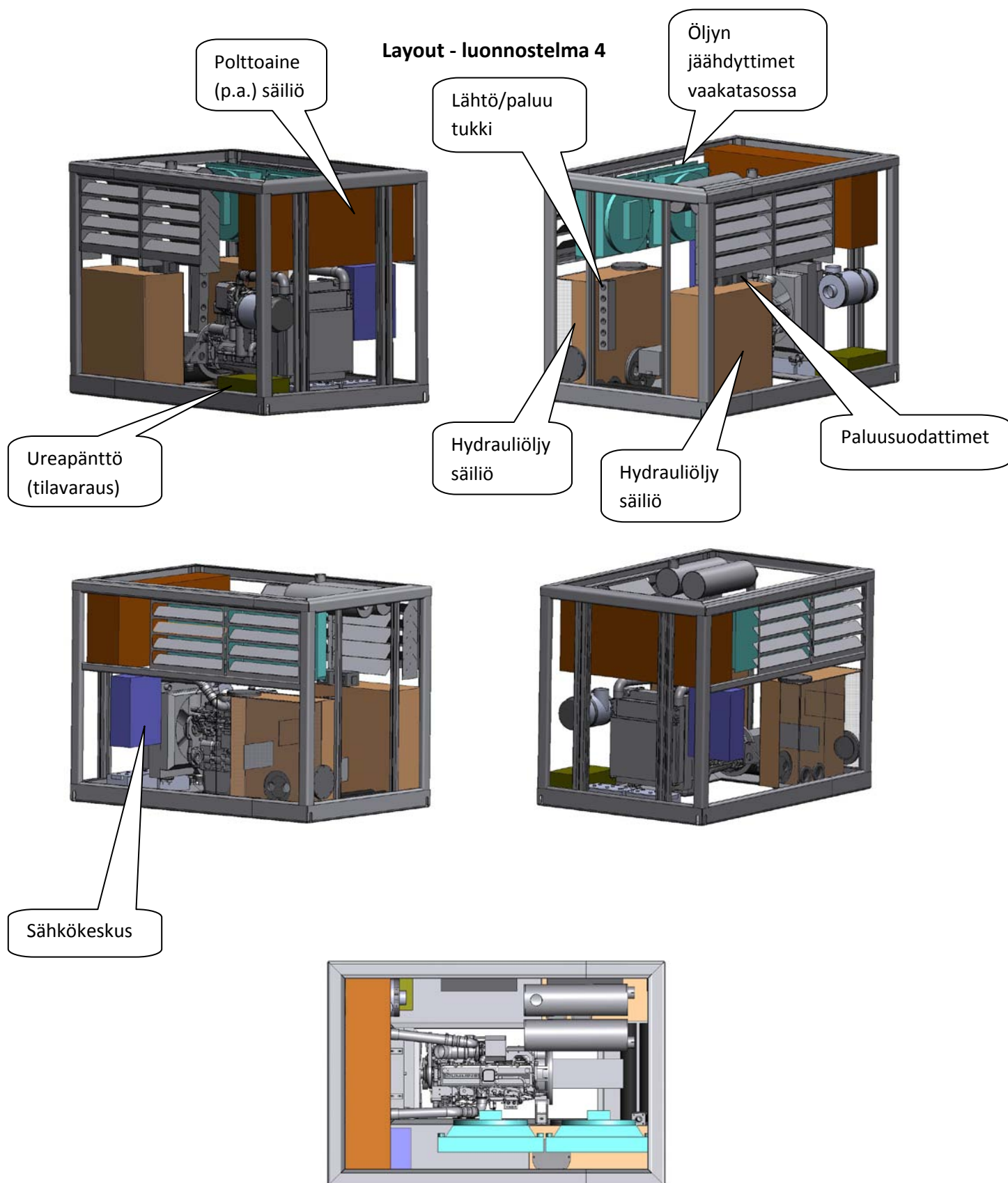
Moottorin
imuilman puhdistin



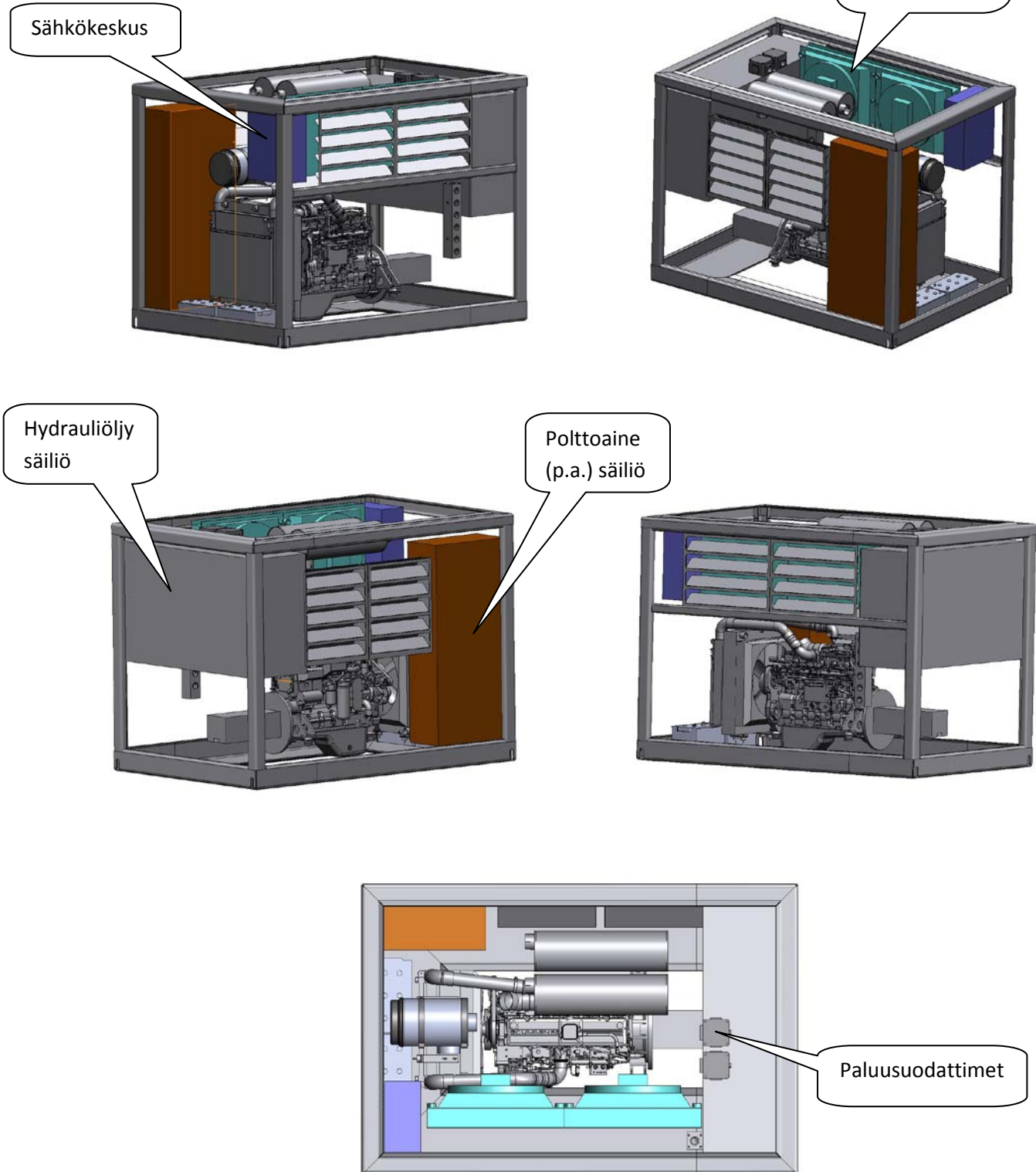
Layout - luonnostelma 3



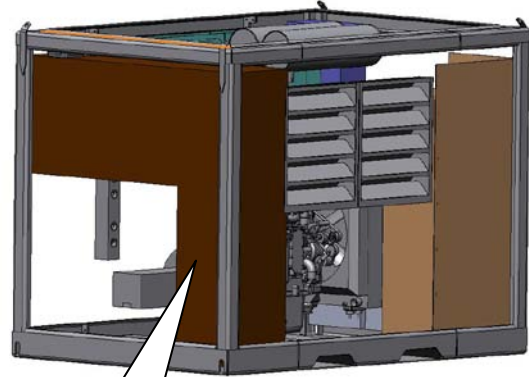
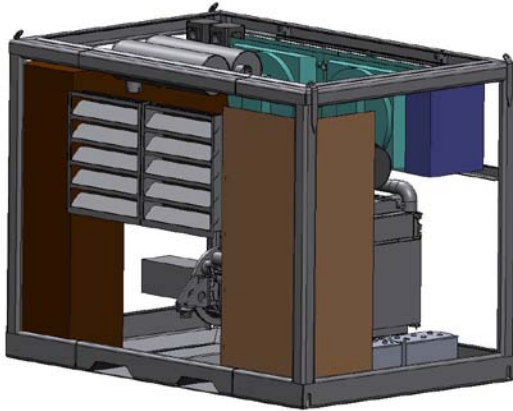
Layout - luonnostelma 4



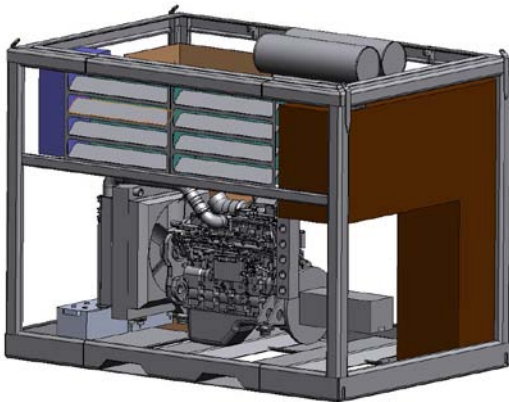
Layout - luonnostelma 5



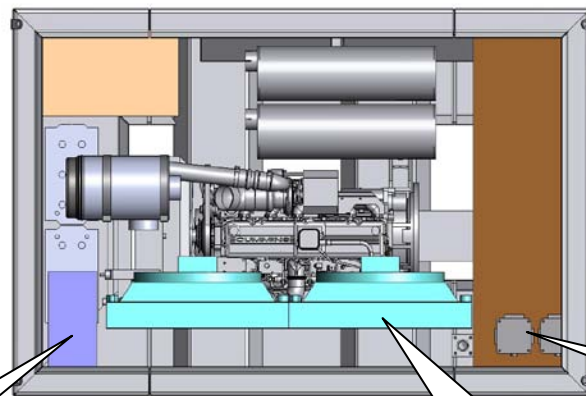
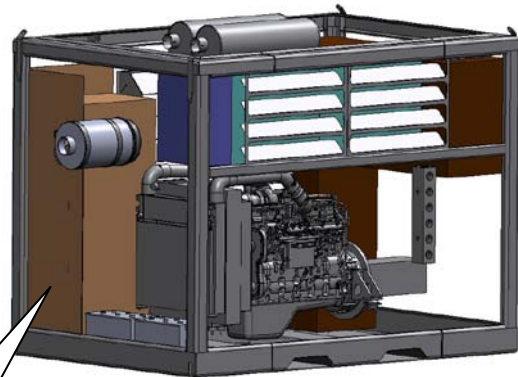
Layout - luonnostelma 6



Hydrauliöljy
säiliö



Polttoaine
(p.a.) säiliö

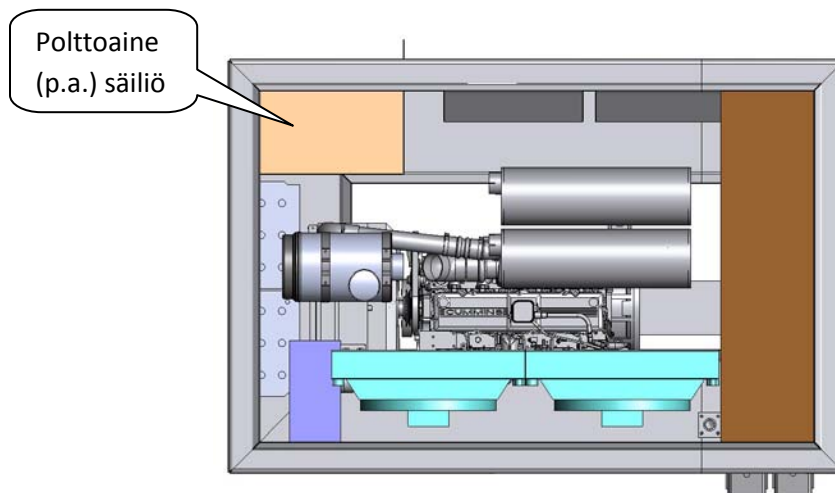
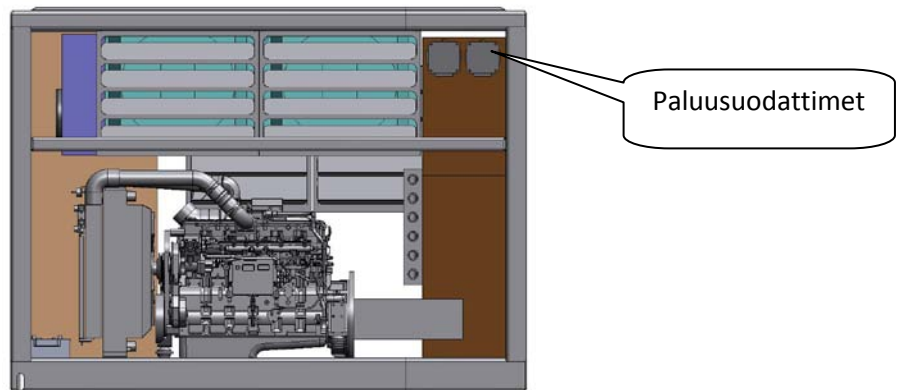
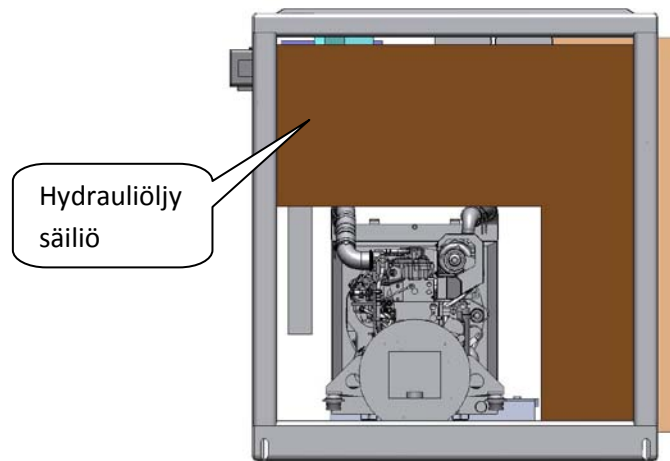


Sähkökeskus

Öljyn
jäähdyttimet
vaakatasossa

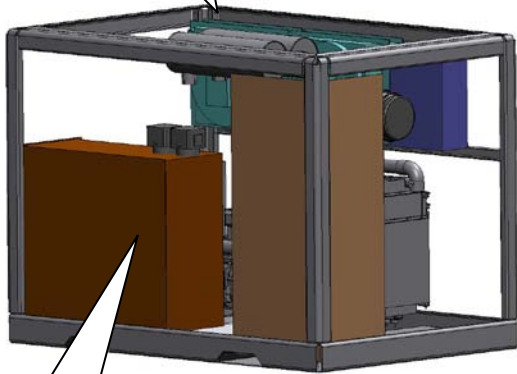
Paluusuodattimet

Layout - luonnostelma 7

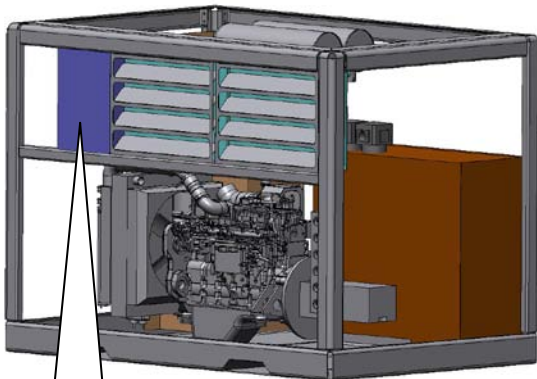


Layout - luonnostelma 8

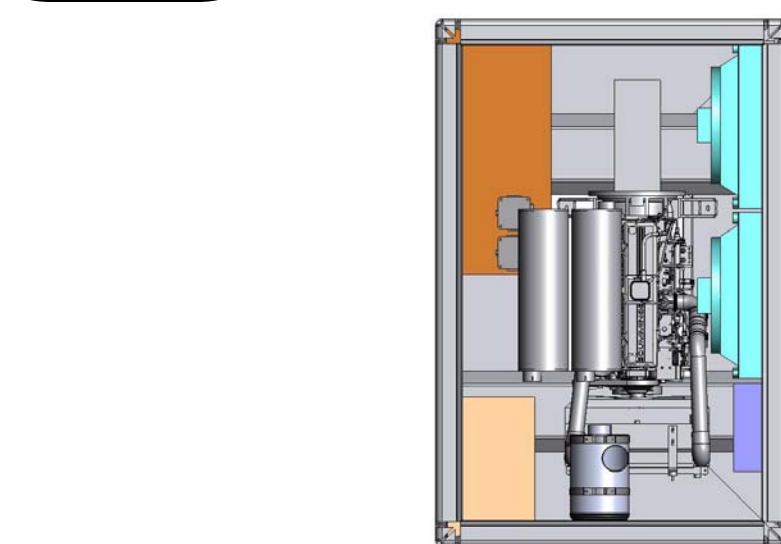
Öljyn
jäähdyttimet
vaakatasossa



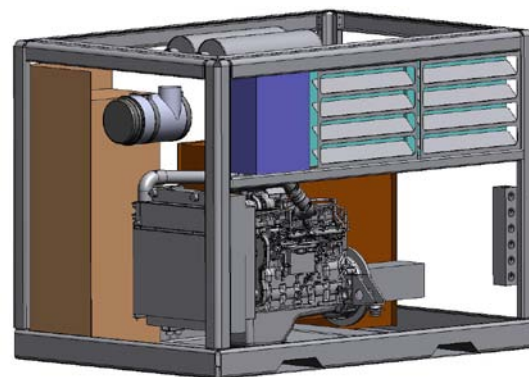
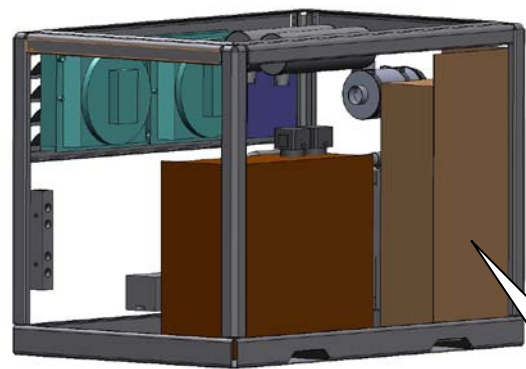
Hydrauliöljy
säiliö



Sähkökeskus

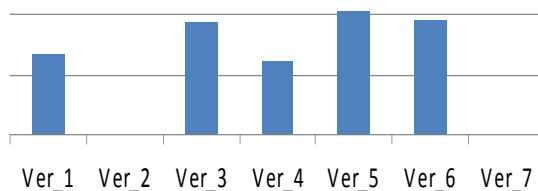


Polttoaine
(p.a.) säiliö

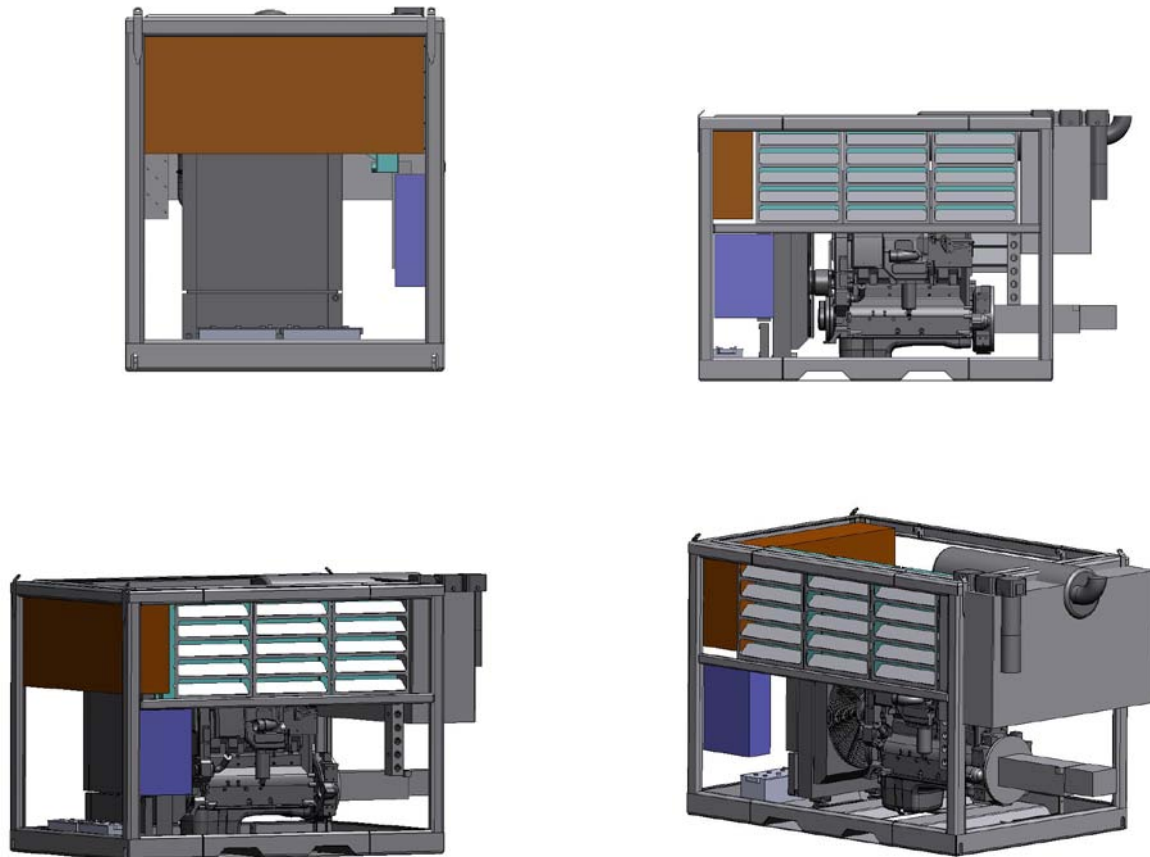


Liite 4. Luonnosten arviointitaulukko.

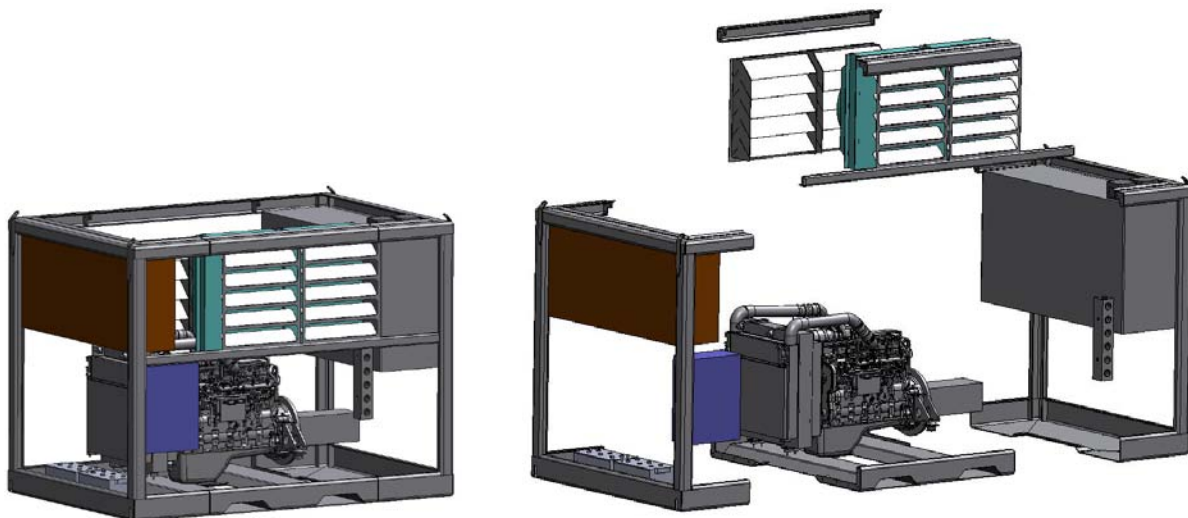
Junttan	ARVIOINTILISTA Layout - päätöstä varten							Lehti: 1 sivu
Pisteytys: 1-5	16.3.2010 Layout							Laatija: Projektiryhmä
Arviointiperuste:	Ver_1	Ver_2	Ver_3	Ver_4	Ver_5	Ver_6	Ver_7	Peruste arvioinnille:
Osien valmistus	1	x	4	1	5	3	x	Pää komponent. Määrä ja Yksinkertaisuus.
Osien tarkastus (laadun varmistus).	1	x	4	1	5	3	x	mm. säiliöiden muodot
Osien kuljetettavuus ja varastointi.	3	x	5	2	4	3	x	mm. pakkautuminen
Kokoonpantavuus k = 1,5	1	x	5	1	3	3	x	
Käyttö/toimivuus	4	x	3	2	3	5	x	Konstruktion yksinkertaisuus
Kunnossapito k = 1,3	4	x	1	5	3	2	x	Kunnossapidon arvio
Panostukset	1	x	3	1	3	2	x	mm. suunniteltavien nimikkeiden määrä
Suht.hank.kustannukset k = 2	2	x	3	2	4	4	x	Hankinnan näkemys, osien määrä ja yksinkertaisuus
Tuoteperhesoveltuvuus	3	x	2	4	2	4	x	Yhteiset näkemykset
Käyttöturvallisuus	4	x	2	2	3	4	x	Yhteiset näkemykset
		x					x	
		x					x	
Yht:	28	x	38	25	41	39	x	



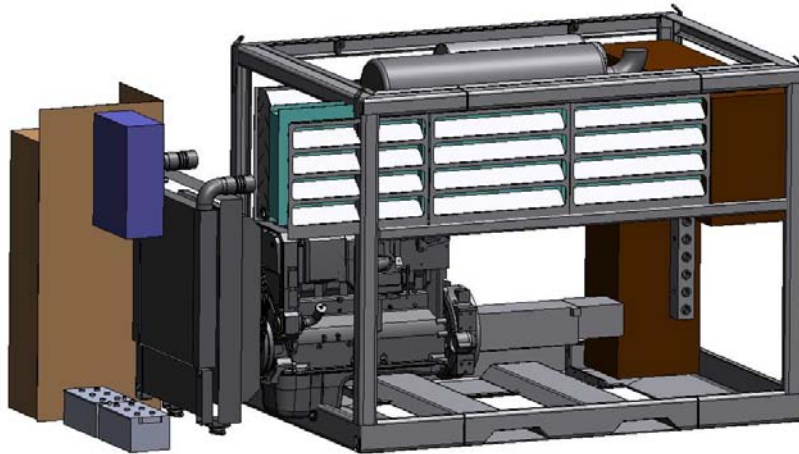
Layout luonnos 3 + tuoteperhetarkatelu



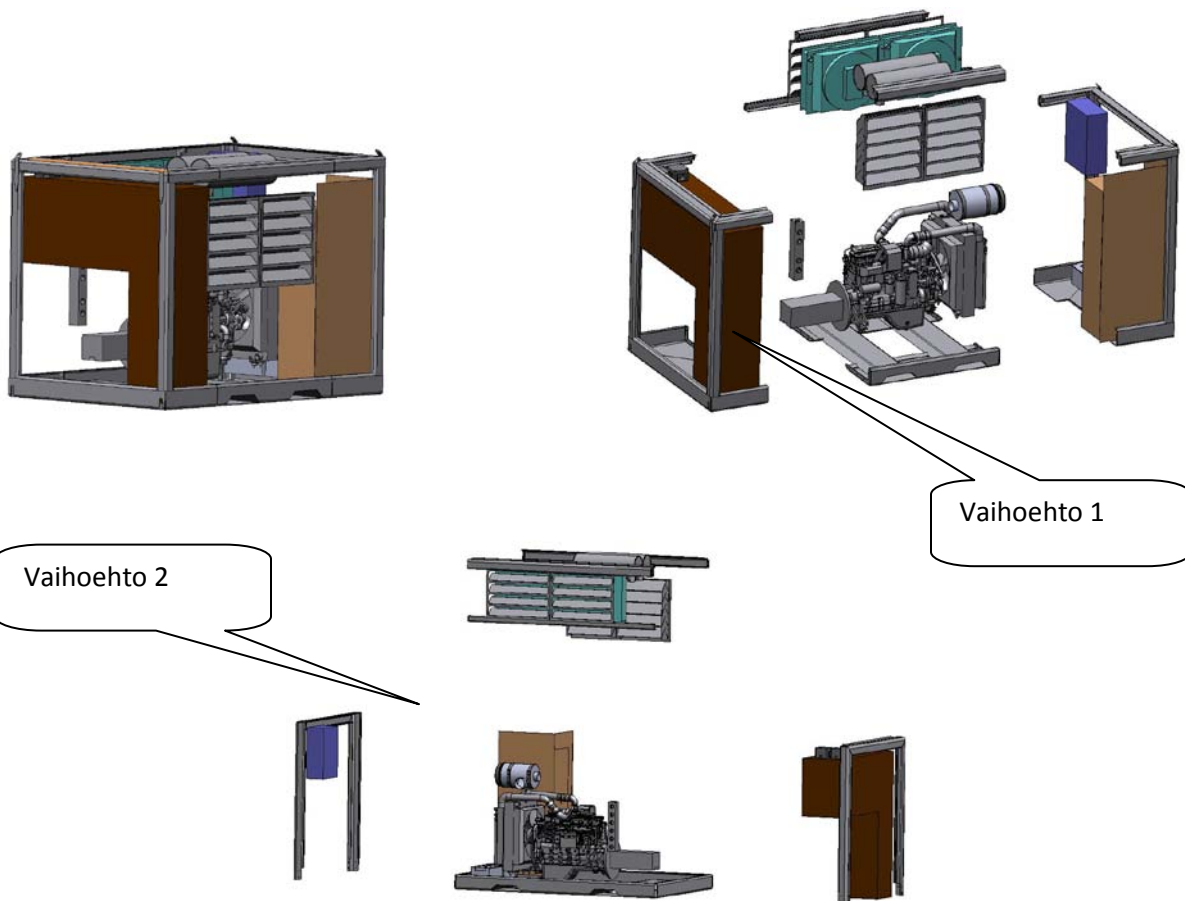
Layout luonnos 3 + kokoonpantavuus



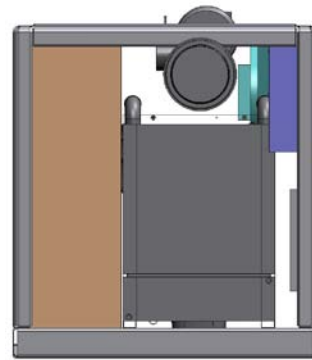
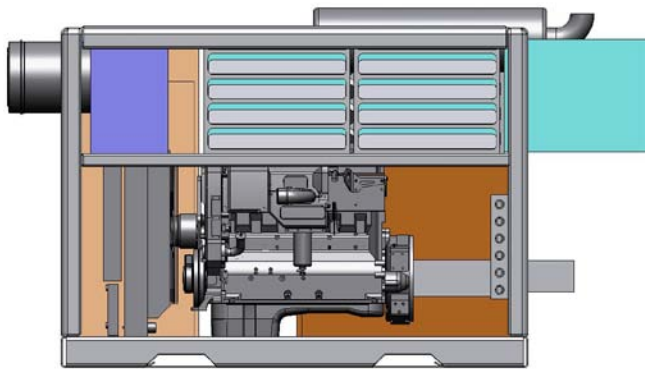
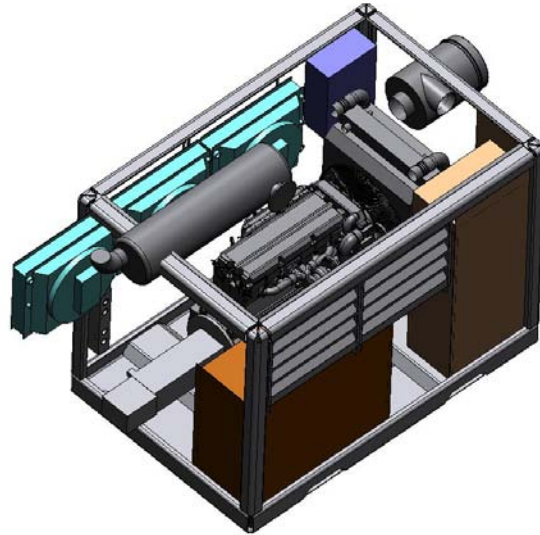
Layout luonnos 6 + tuoteperhetarkatelu



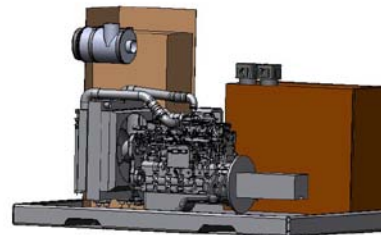
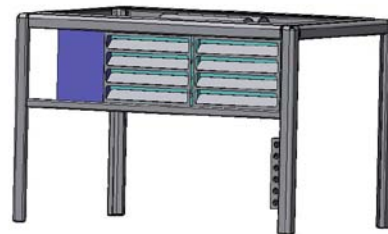
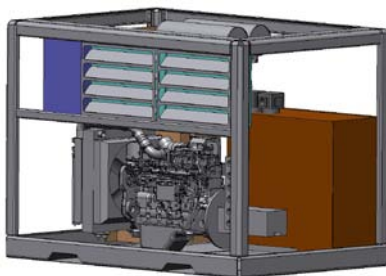
Layout luonnos 6 + kokoonpantavuus



Layout luonnos 8 + tuoteperhetarkatelu



Layout luonnos 8 + kokoonpantavuus



Runko versio 1.



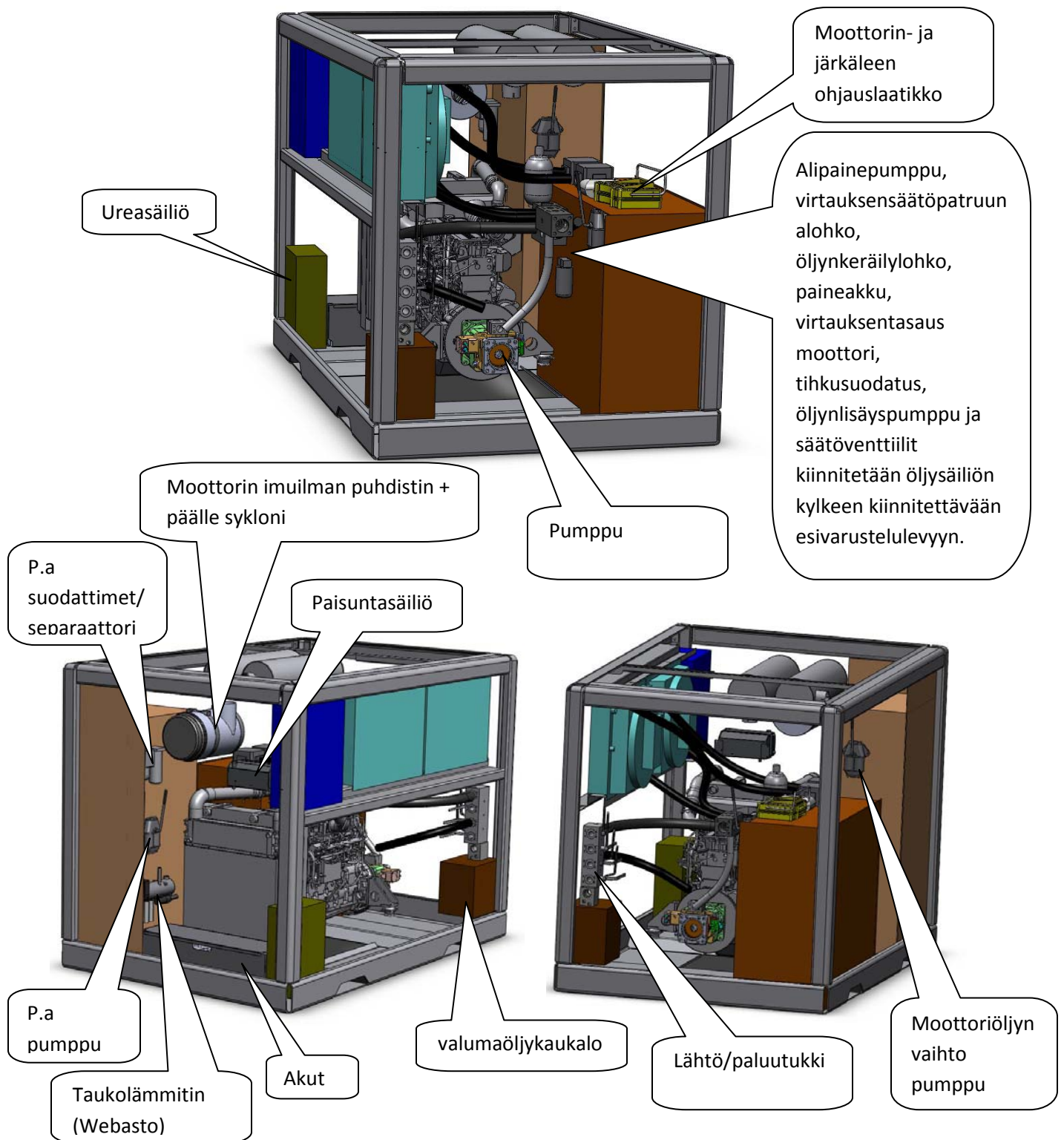
Runko versio 2.



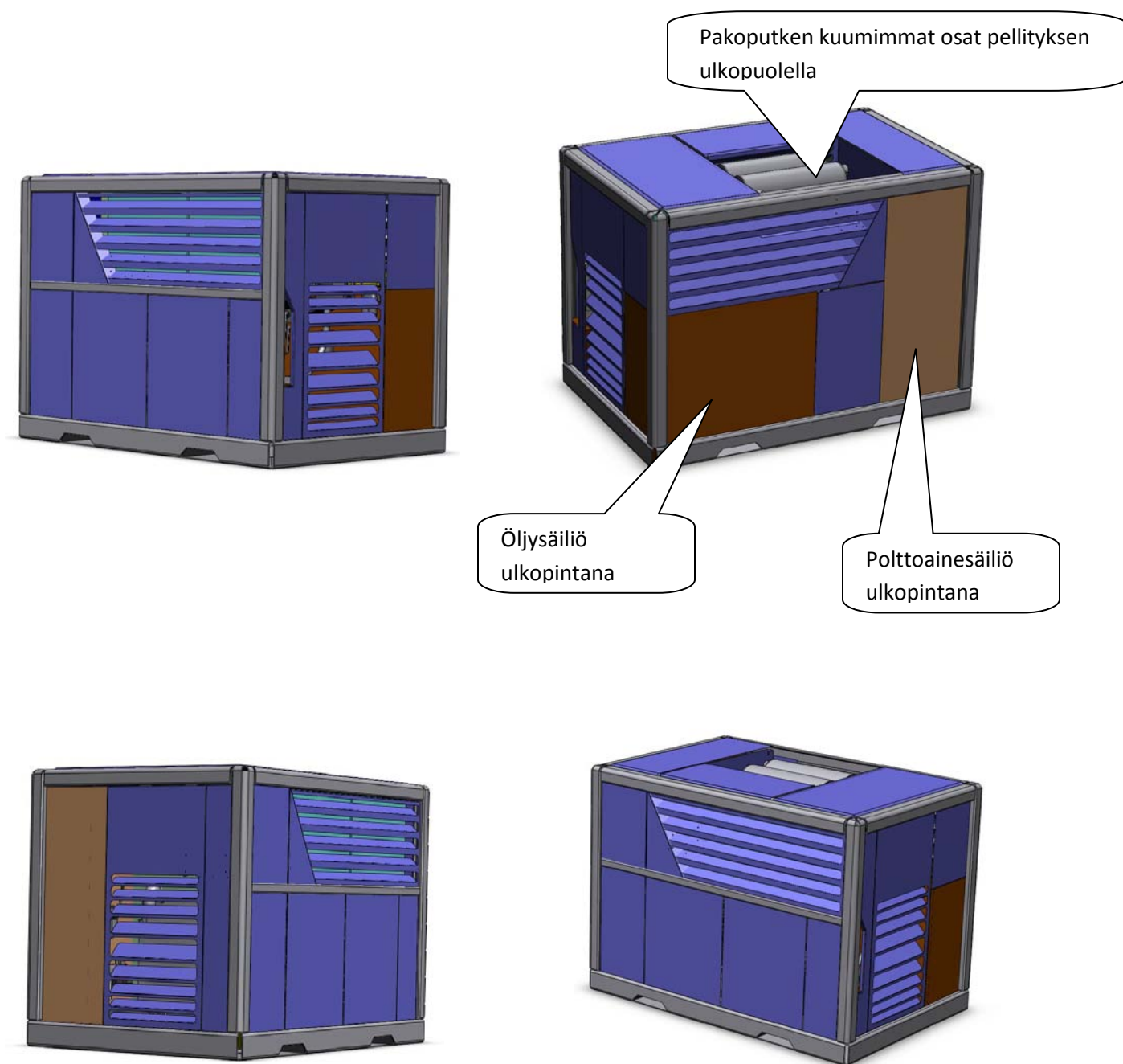
Runko versio 3.



Toiminnallisten komponenttien paikat

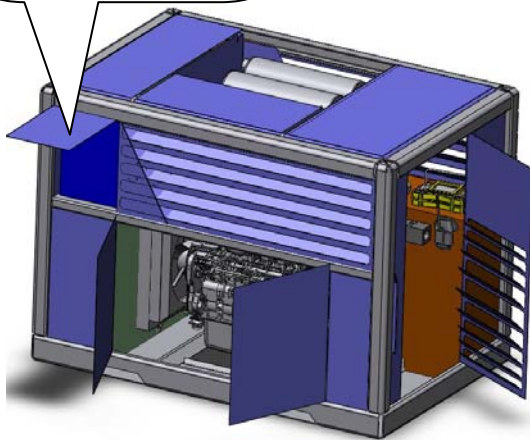


Pallitysjako

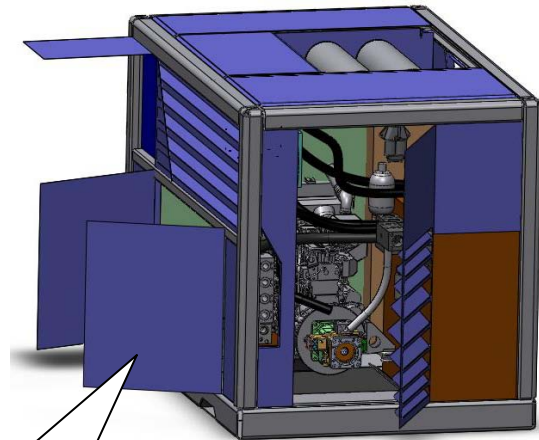


Ovi- ja luukkujako

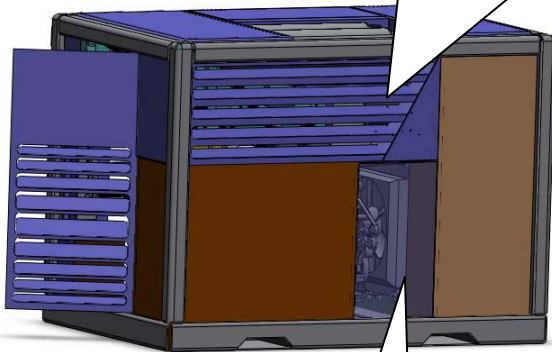
Sähkökeskuksen
luukku



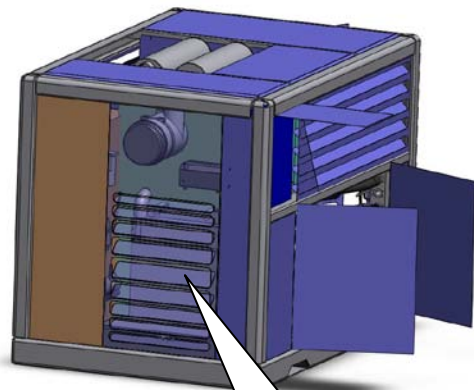
Huolto-ovet tai
luukut



Ilmanotto- ja poistosäleiköt voivat olla myös
saranoituja ylälaidasta, puhdistuksen helpottamiseksi



Huoltoluukku



Sama ovi molemmissa
päädyissä

Muotoilukieleksi valittiin Kuopion Muotoiluakatemia opiskelijoiden projektityönä laatima Noste.



Kuvat: Kuopion muotoiluakatemia/projektiryhmä Jussi, Katri, Noora, 2010.